



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	UNTERSUCHUNGEN UEBER DIE NATUERLICHE WALD=VERJUENGUNG BEI LARIX DAHURICA TURCZ
Author(s)	GOTO, Shuzo
Citation	Journal of the College of Agriculture, Hokkaido Imperial University, Sapporo, Japan, 18(5), 207-306
Issue Date	1927-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/12600
Type	departmental bulletin paper
File Information	18(5)_p207-306.pdf



UNTERSUCHUNGEN UEBER DIE NATUERLICHE WALD- VERJUENGUNG BEI LARIX DAHURICA TURCZ

Von

Shuzo Goto

(Hierzu 3 Textfiguren und 3 Tafeln)

EINLEITUNG

Mit der Vermehrung der Nutzung des Waldholzes in den kühlen Zonen wuchs auch die Aufmerksamkeit, die verschiedene Forscher der Verjüngung der Fichten und Tannen, weniger aber derjenigen der Lärchen schenkten. Der Schreiber dieser Zeilen machte über dieses Problem Beobachtungen von 1915–1924, während er im Dienste der Verwaltung von Korea und der südmandschurischen Eisenbahn stand. Diese Beobachtungen wurden sowohl im Wald in Korea als auch in dem des Chingan Gebirges (Nordchina) ausgeführt; daran schlossen sich von 1924–26 Spezialstudien an der kaiserlichen Hokkaidouniversität. Die Entstehung dieser Arbeit wurde in liebenswürdiger Weise von Herrn Prof. Y. NIJIMA überwacht. Für den chemischen Teil dieses Werkes verdankt der Verfasser Herrn Prof. K. MIYAKE und für den botanischen Teil Herrn Prof. K. MIYABE fördernde Anregungen. Der damalige Oberforstrat von Korea, Herr O. SAITO, unterstützte den Verfasser bei seinen Versuchen und Beobachtungen mit Anregungen in weitgehender Weise. Auch den Herren S. MARUYAMA, S. NOGUCHI, T. KIMURA, H. SONOBE, A. YAMAGISHI und S. TABATA ist der Verfasser für ihre Mithülfe bei den Versuchen zu grossem Dank verpflichtet. Auch von andern Seiten erfuhr diese Arbeit reges Interesse und Förderung; es ist leider dem Schreibenden nicht möglich, allen die daran Anteil nahmen, einzeln zu danken; er muss seiner Verpflichtung auf diesem summarischen Wege Ausdruck verleihen.

I. Die botanischen Eigenschaften von *Larix Dahurica* Turcz

1. Klassifikation. Die Lärchen der ganzen Welt sind in 10 Arten klassifiziert¹⁾. Davon findet man in Japan nur zwei: *Larix Kaempferi* SARG. (= *Larix leptolepis* GORD.) und *Larix dahurica* TURCZ., welche letztere aus der Amurprovinz eingewandert ist. Diese Art hat FR. SCHMIDT²⁾ in Sachalin gesehen, und K. MIYABE und T. MIYAKE³⁾ teilten in ihrem Rapport mit, dass diese Art von der auf den Kurilen gefundenen in keiner Weise verschieden sei und bezeichneten sie als *Larix dahurica* TURCZ. Später nannten MIYABE und Y. KUDO diese Art *Larix dahurica* TURCZ. var. *kamtschatica* MIYABE et KUDO, während andere Forscher sie als *Larix dahurica* TURCZ. var. *japonica* MAXIM. bezeichneten⁴⁾. Für eine genaue Bestimmung dieser Art halten MIYABE und KUDO weitere Untersuchungen für nötig. MAKINO und NEMOTO nennen die Sachalinlärche *Larix Kurilensis* MAYR.⁵⁾ E. H. WILSON¹⁾ sagt in seinem Buch, dass die Lärche in Sachalin, Kamtschatka, Kurilen und möglicherweise auch in den Küstengebieten der Amurprovinz durch die var. *japonica* MAXIM. und in Teilen von Korea, Mandchurei und des äussersten Nordchina durch eine Varietät mit grossen Zapfen, *Larix dahurica* TURCZ. var. *Principis Ruprechtii* REHD. et WILSON vertreten sei. NAKAI beschrieb zwei Arten in Korea: *Larix dahurica* TURCZ. und *Larix Principis Ruprechtii* MAYR.⁶⁾ Im Rapport der Forstversuchstation in Korea⁷⁾ sind diese zwei Lärchen wie folgt beschrieben:

Larix dahurica TURCZ.: Der Zapfen ist meistens so dick wie der Mittelfinger und hat 20-30 Schuppen.

Larix dahurica TURCZ. var. *Principis Ruprechtii* REHD. et WILSON: Der Zapfen ist meistens so dick wie der Daumen und hat 30-40 Schuppen.

Ob die Lärchen in Sachalin, auf den Kurilen und in Korea zu *Larix dahurica* TURCZ. oder ihrer Varietät gehören, ist nicht klar. Als der Schreibende mit E. H. WILSON im nördlichen Korea reiste, fand er am

1) E. H. WILSON: The Conifers and Taxads of Japan. Publication of the Arnold Arboretum, No. 8 30. December (1926).

2) BEISSNER: Handbuch der Nadelholzkunde, S. 328 (1891).

3) Karafuto shokubutsu shi (Flora von Sachalin). Herausgeg. v. Provinzialbehörde v. Sachalin S. 328-329 (1891).

4) Icones of the essential forest trees in Hokkaido, p. 23, pl. 5 (1919).

5) MAKINO and NEMOTO: Flora of Japan, p. 1535. (Japanese).

6) NAKAI: A scientific research of the plants growing over the region of Mt. Paik-tusan, which elevates of the boundary of Corea. Published by the Government of Corea. p. 60 (Japanese) (1918).

7) Chosen shinrinjumoku kanyo (Waldbaum in Korea), S. 4 (1923).

gleichen Baum den grossen Zapfen der Varietät und den kleinen, typisch

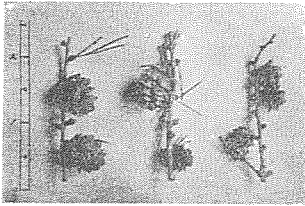


Fig. 1.

Verschiedene Zapfen von dahurischen Lärchen: Rechts typisch dahurische Zapfen, links koreanische, in der Mitte Zwischenform.

dahurischen Zapfen, sowie einen von mittlerer Grösse (siehe Fig. 1.) Auch im Chingangebirge, ganz in der Nähe der dahurischen Provinz, fand er Zapfen von allen Grössen. Daher ist es schwierig, auf Grund der Zapfengrösse zu klassifizieren, was aber nicht von allzugrosser Bedeutung ist. So bezeichnen wir in dieser Arbeit die koreanische und sachalinische Lärche mit dem Namen *Larix dahurica* TURCZ. wie

die Lärchen der Amurprovinz.

2. Verbreitung. Die dahurische Lärche gedeiht in Sachalin, Kamtschatka, auf den Kurilen, in Korea, in der Amurprovinz und in Nordchina. Die Südgrenze der Verbreitung ist:

in Korea und Mandschurei	bei 40° N. Br.
auf den Kurilen	bei 44° " "
in Sachalin	bei 46° " "
in der Amurprovinz	bei 43° " "
in Kamtschatka	bei 51° " "

In diesen Gebieten ist (nach HANN'S Lehrbuch der Meteorologie) die Jahresisotherme weniger als 8°¹⁾. In Nordsachalin und im Chingangebirge findet man die schönsten Wälder an der Jahresisotherme 0°. Nordkamtschatka hat die Jahresisothermen -4°. So können wir sagen, dass die dahurische Lärche zwischen den Jahresisothermen von -4° und 8° vorkommt und in Gebieten mit der Jahresisotherme 0° die schönsten Wälder bildet. Das südlichste Gebiet der Lärchenverbreitung am Choshin, einem Nebenfluss des Yalu, liegt ungefähr 1000 Meter über Meer. Um nun die mittlere Jahrestemperatur dieses Gebietes zu erhalten, muss man für jedes Hundert Meter Meereshöhe 0,56° subtrahieren und erhält somit die Zahl 2,4° (8°-5, 6°=2,4°). Die dahurische Lärche gedeiht also in Gebieten mit einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von ca. 2° und weniger. Die jährlichen Regenmengen betragen in:

Teilen der Mandschurei.....	250-500 mm
in Teilen von Korea, Nordchina, Sachalin, der Amurprovinz und von Kamtschatka	500-750 mm

1) Die hier angegebene Temperatur ist immer nach Celsius berechnet.

in andern Teilen von Kamtschatka..... 750–1000 und 1000–2000 mm.

Gewöhnlich gedeiht also die Lärche in Gebieten mit einer jährlichen Regenmenge von 500 mm und darüber, kommt aber auch gelegentlich vor bei einer jährlichen Regenmenge von 250 bis 500 mm. *Larix Kaempferi* SARG., welche überhaupt nur in Japan zu finden ist, gedeiht an den höchsten Bergen Centraljapans: Fuji, Ontake, Yatsugadake, Asama, Shirane, Norikura, u. s. w. An der Südseite des Fuji gedeiht die Lärche zwischen 940 und 2200 Metern Meereshöhe, am besten aber bei 1800 m. ü. M.¹⁾ Die meteorologische Station Omiya, welche auf der Südseite des Fuji in 150 m Meereshöhe liegt, hat eine durchschnittliche Jahrestemperatur von 11,5°. Die Lärche gedeiht also in durchschnittlichen Jahrestemperaturen von 0,02°–7,5° und am besten in einer solchen von 2,5°. In Gebieten von 2900 Metern finden Lärchen sich nur noch vereinzelt in kriechender Form wie bei *Pinus Pumila*. Dort ist die mittlere Jahrestemperatur ca. –4°, was den Plätzen in Nordkamtschatka entspricht, wo man die dahurische Lärche findet. So hat die japanische Lärche ähnliche Eigenschaften gegen die Kälte, obschon sie weniger widerstandsfähig ist.

3. Eigenschaften gegen den Lichtgrad. Im Allgemeinen sagt man, dass die Lärche eine Lichtholzart und nach der Föhre am empfindlichsten gegen Schatten sei.²⁾ Aber man hat Beispiele, dass die Lärche im jüngsten Stadium auch im Schatten vorkommt. Bühler sagt in seinem Buch: "Im Wallis findet sich die junge Lärche im dichten Lärchenschatten, die Arve auch im Arvenschatten". Bei meinem Versuch unter dem Gitter (siehe VII Teil) zeigte es sich, dass mittlerer Schatten am besten sei. Auch wachsen im Naturwald im Gras und unter dem Mutterbaum zweijährige Pflanzen gut (siehe Illustration Tafel I. Fig. 1 u 2). Wir können im Schatten zweijährige bis über zehnjährige Pflanzen finden. H. MAYR sagt in seinem Buch³⁾: "Im forstlichen Versuchsgarten zu Grafrath haben die freistehenden Lärchen (*Larix leptolepis* GORD.) mit 22 Jahren eine mittlere Höhe von 14 Metern und einen mittleren Durchmesser von 28 cm erreicht, reichliche Naturverjüngung durch Samenabfall deckt den Boden zu ihren Füßen". In der dazugehörigen Illustration finden wir im Schatten der Mutterbäume sechsjährigen natürlichen Anflug. Darnach können also die europäischen und die japanischen Lärchen im Jungwuchs am Schatten gedeihen und, wie unser im V. Teil dieser Arbeit beschriebener Versuch zeigt,

1) HAYATA: The Vegetation of Mt. Fuji, p. 32 (1911).

2) BÜHLER: Der Waldbau. I. Band, S. 444 (1918).

Honda: Honda-zoringaku zenron (Der Waldbau. I. Teil.) 3. Band, S. 72–73 (1902).

3) H. MAYR: Fremdländische Wald- und Parkbäume, S. 306 (1906).

auch *Larix dahurica* TURCZ. So können wir sagen, dass Lärchen im jungen Stadium widerstandsfähig gegen Schatten seien.

4. Wachstum. Die Beobachtungen der Forstversuchsstation in Tokio zeigten bei jungen Lärchen ein geringes Wachstum, während dagegen die Resultate in Korea entgegengesetzt verliefen¹⁾. Der Grund dieser verschiedenen Ergebnisse mag darin liegen, dass Korea die Heimat der Lärche ist, Tokio aber ein ganz anderes Klima hat. S. HATA sagt in seiner Schrift über den Lärchenbau in Hokkaido, dass das Wachstum der dahurischen Lärche geringer sei als das der japanischen und europäischen, und dass es nach der Verpflanzung noch geringer werde. Die folgende Tabelle ist das Resultat seiner Beobachtungen auf der Forstversuchsstation Nopporo:

Tabelle Nr. 1. Vergleich der Stammlängen verschiedener Lärchen.

Alter & Grösse (cm) der Pflanzen:	Stammlängen			
	Jap. Lärche:	Kuril. L:	Europ. L:	Korean. L:
1-jährig, gross	9,1	8,5	8,5	8,8
" mittel	7,6	6,1	6,1	6,4
" klein	4,6	3,6	4,6	4,6
" durchschn.	7,1	6,1	6,4	6,4
2-jährig, gross	39,5	35,1	33,6	30,1
" mittel	30,5	26,0	26,0	21,4
" klein	21,2	19,8	18,3	16,7
" durchschn.	30,1	26,9	25,3	22,9
3-jährig, gross	76,0	70,0	62,5	58,0
" mittel	61,0	58,0	54,9	45,9
" klein	30,1	27,5	24,4	21,2
" durchschn.	56,0	52,0	47,3	41,5

Im Gebiet von Ranan (Nordkorea), in der Nähe der Heimat der dahurischen Lärche, ist das Wachstum nicht geringer als das der japanischen Lärche; es beträgt bei einjährigen Pflanzen 15 bis 20 cm. Das Wachstum der wildwachsenden Pflanzen ist selbstverständlich viel geringer als das der gezüchteten. Der Verfasser dieser Arbeit grub oft junge Pflanzen aus, um das Wachstum festzustellen, was aber nicht leicht möglich war, da die Jahrringe fast unsichtbar und so das Alter der Pflanzen nicht genau berechenbar war. Das Wachstum einjähriger und zweijähriger Pflanzen ist sehr klein. Im Schatten bleibt das Wachstum auch später gering und im mittleren

1) Dainihon sanrinkwai ho (Zeitschrift des japanischen Forstvereins), Nr. 386, S. 16-28 (1915) u. Nr. 414, S. 36-40 (1917).

Schluss sterben die Pflanzen im 5-10. speziell aber im 15. Jahre. Gewöhnlich sind in mittlerem Schatten zweijährige Pflanzen 6 cm, fünfjährige ca. 12 cm, zehnjährige unter 30 cm lang. In geringem Schatten leben die Pflanzen 15-20 Jahre; die zehnjährige Pflanze ist 20-40 cm lang. Bei jungen Pflanzen im Licht ist das Wachstum zunächst gleich stark wie bei Pflanzen im Schatten; später wachsen sie aber schneller. Diese Tatsache ist für die Verjüngung von ausserordentlicher Wichtigkeit.

5. Standort. In Sachlin und auf den Kurilen finden wir reine Lärchenwälder im Tiefland¹⁾. Reine und gemischte Lärchenwälder finden sich auch in mittlerer Höhe des Paik-tu-san in Korea und in den oberen Regionen des Chingangebirges in China. Auch in Sachalin, wo der Verfasser Beobachtungen machte, fand sich Lärchenwald in den Hügeln, in einer Meereshöhe von ca. 100 Metern. Wir können also sagen: die dahurische Lärche zieht im allgemeinen Tiefland vor, gedeiht aber auch in höheren Regionen. Während *Larix Kaempferi* SARG. auf den Südhängen besonders leicht vorkommt, gedeiht die dahurische Lärche in ihrer Heimat gleich gut auf allen Abhängen.²⁾ Die dahurische Lärche gedeiht an tief- und hochgelegenen Orten gleich gut, während die japanische nur im Bergland zu finden ist. Die dahurische Lärche kann sich der Feuchtigkeit anpassen. Die japanische Lärche gedeiht ausschliesslich auf vulkanischem Gestein; die dahurische Lärche aber kommt auch auf anderem Boden gut vor, z. B. in Sachalin und im Chingangebirge. Die dahurische Lärche gedeiht mit Vorliebe in Lichtungen und an Wegen. An Stellen mit dicker Bodendecke kann man keinen Jungwuchs finden.

6. Die wichtigen Eigenschaften für den Waldbau. In der Form und den Eigenschaften des jungen Stadiums kommt die dahurische Lärche der japanischen am nächsten.

	Dahurische Lärche	Japanische Lärche
Form	Aeste beinahe horizontal, weniger Aeste als bei der japanischen Lärche.	Aeste bilden mit dem Stamm spitze Winkel, Aeste zahlreich.
Farbe der Borke	grünlich.	gelblich.
Zeit des Falls der Nadeln	ca. 15 Tage früher als bei der japanischen Lärche.	Ein Teil der Nadeln bleibt bis zum nächsten Frühling.
Zeit der Sprossung	ca. 15 Tage früher als bei der japanischen Lärche.	

1) MIYABE u. T. MIYAKE: Karafuto shokubutsu shi, S. 600 (1915).

KUDO: Nihon yuyo shokubutsu bunruigaku (Klassifikationslehre über die japanische nützliche Botanik), S. 46 (1911).

2) HAYATA: The Vegetation of Mt. Fuji, p. 23-38 (1911).

Nach diesen Merkmalen kann man beide in den Baumschulen von einander unterscheiden.

Bei der dahurischen Lärche ist die Keimdauer 3–4 Jahre. Die Keimfähigkeit ist 30–90 %, je nach Qualität und Alter des Samens. Im Lärchenwald kommen auf 1 ha 4.235.000 Flügelsamen¹⁾ (vergl. europäische Lärche: 4.560.000 bis 4.800.000 Flügelsamen pro ha²⁾). Nach Beobachtungen im Naturwald tritt die Mannbarkeit an freien Plätzen gewöhnlich im 30–40 Jahre auf, im dichten Wald nach dem siebzigsten. Bei günstigen Bedingungen kommen Samenjahre alle 2 Jahre, gewöhnlich aber nur alle vier.

II. Vorrat und gegenwärtiger Stand der Nutzung

Wie wir im ersten Teil dieser Arbeit schon erwähnt haben, ist die dahurische Lärche besonders in Sachalin, Korea, Amurprovinz, Kamtschatka, Nordchina und auf den Kurilen verbreitet. Es handelt sich also um grosse Flächen und entsprechend grosse Holzmassen. Wir beschäftigen uns in diesem Teil zunächst mit den Vorräten, bevor wir auf den gegenwärtigen Stand der Nutzung eintreten. Weil aber die verschiedenen Schätzungen auseinandergehen, ist es uns nicht möglich, ganz zuverlässige Angaben zu machen. Wir beschränken unsere Berechnungen auf Korea, Sachalin und Nordchina (Chingan Gebirge und Südmandschurei mit den Quellgebieten des Sungari, Tomen, Botan und dem rechten Yalu-Ufer, welches der japanisch-chinesischen Yalu Holzschlägerungsgesellschaft gehört. Die Kurilen sind auch für die Zukunft als Schutzwald gedacht, so dass es keinen Zweck hat, über jenen Vorrat Berechnungen anzustellen. Ueber die Amurprovinz und Kamtschatka fehlen uns Berichte, weshalb wir auf eine Erörterung jener Bestände verzichten müssen.

I. Vorräte und Flächen.

a. Nord-Korea. Der Nadelholzwald von Nordkorea befindet sich hauptsächlich in den Flussgebieten des Yalu und Tomen; am Yalu sind Kiefer, Fichte und Tanne stark vertreten, während am Tomen die Lärche mehr vorkommt.

1) Siehe V. Teil Abt. I, S. 51.

2) R. HESS: Holzarten, 3. Auflage, S. 280 (1905).

Tabelle Nr. 2. Flächen nach verschiedenen Holzarten und Flussgebieten aufgestellt.¹⁾

Holzarten		Nadelholz				Laubholz	Gesamt- Total
		Kiefer	Fichte u. Tanne	Lärche	Total		
Yalu	Fläche	22	65	29	116	47	163
	%	13	40	18	71	29	100
Tomen	Fläche	1	10	20	31	10	41
	%	3	24	49	76	24	100
Zusammen	Fläche	23	75	49	146	57	204
	%	11	37	24	72	28	100

Bemerkungen:—1. Flächeneinheit=10.000 Cho.

2. 1 ha=1,0083 Cho.

Tabelle Nr. 3. Holzmassen nach verschiedenen Holzarten und Flussgebieten zusammengestellt.²⁾

Holzarten		Nadelholz				Laubholz	Gesamt- Total
		Kiefer	Fichte u. Tanne	Lärche	Total		
Yalu	Holzmasse	7.983	14.190	7.391	29.564	4.176	33.740
	%	24	42	22	88	12	100
	Durchschnittl. pro Cho	365	216	256	254	89	206
Tomen	Holzmasse	49	3.535	6.449	10.033	1.573	11.606
	%	—	30	56	86	14	100
	Durchschnittl. pro Cho	54	377	315	326	153	283
Total	Holzmasse	8.032	17.725	12.840	39.597	5.749	45.346
	%	18	39	30	87	13	100
	Durchschnittl. pro Cho	349	236	282	269	101	222

Bemerkungen:—1. Holzmasseinheit=1.000 Shakujime.

2. 1 Shakujime=1/3 fm

b. Süd-Sachalin (Südl. d. 50 Breitengr.). Die dahurische Lärche gedeiht überall auf der Insel, aber am besten in den tief gelegenen Ge-

1) Eirinsho annai (Allgemeine Uebersicht des Forstamtes in Nordkorea), S. 4 (1915)

2) Eirinsho annai, S. 4.

bieten im nördlichen Teile von Süd-Sachalin. Die nächste Tabelle zeigt, nach Schätzung des Provinzialbehörde von Sachalin, die Flächen und Holzmassen nach Laub- und Nadelholzwäldern geordnet.

Tabelle Nr. 4. Waldflächen und Holzmassen von Südsachalin.¹⁾

Holzarten	Flächen	Holzmasse
Nadelholz	1.792	537.600
Laubholz	197	19.900
Total	1.991	557.500

Bemerkungen:—1. Flächeneinheit = 1.000 Cho

2. Masseneinheit = 1.000 Koku

3. 1 Koku = 5/16 fm.

In diesen Wäldern ist die Lärche (nach einer forstamtl. Planimeter-Schätzung) mit nachfolgenden Flächen und Holzmassen vertreten:

Tabelle Nr. 5. Flächen und Holzmassen des Lärchenwaldes.

Bestandsarten	Flächen Cho	Holzmassen Koku
Reinwald	64.040	29.637.195
Mischwald	56.910	8.296.715

c. Nord-Sachalin (Nördl. d. 50. Breitengr.). Die dahurische Lärche gedeiht auch in den tief gelegenen Gebieten dieses Teils der Insel. Nach Berichten des zuständigen Amtes²⁾ der militärischen Besetzung von Nord-Sachalin hat der dortige Waldbestand die in den nachstehenden Tabellen angegebenen Flächen und Holzmassen.

Tabelle Nr. 6. Waldflächen von Nordsachalin.

Bestandsarten	Fläche	%
Reinwald		
Fichte	499	21
Lärche	387	17
Birke etc.	84	4
Total	970	42

1) Karafuto shinrin (Allgemeine Uebersicht der Wälder von Sachalin) S. 30 (1924).

2) Kitakarafuto shinrin chosa hokokusho (Rapport über die Wälder von Nordsachalin), Publiziert von der Militärverwaltung, S. 6-7 (1924).

Bestandsarten	Fläche	%
Mischwald		
Fichte u. Lärche	272	12
Fichte u. Birke	297	13
Lärche u. Birke	140	7
Fichte, Lärche u. Birke	184	9
Total	893	41
Baumlos	353	17
Gesamttotal	2.216	100

Bemerkung: Flächeneinheit = 1.000 Cho.

Tabelle Nr. 7. Flächen und Holzmassen nach verschiedenen Altersklassen und Holzarten.¹⁾

Altersklasse				
	Alt	Mittel	Jung	Total
Fläche (1.000) Cho	1174	451	238	2216
Holzmasse (1.000 Koku)				
Fichte	67258	6229	13	73500
Lärche	17661	8114	2378	28153
Birke	4305	4105	335	8745
Weide etc.	1357	570	689	2616
Gesamttotal	90581	19018	3415	113014

d. Quellgebiet des Sungari-, Tomen- und Botan-Flusses (Süd-Mandschurei). Der Hauptteil des Waldes der Südmandschurei befindet sich in den Quellgebieten des Sungari-, Tomen- und Botanflusses. Die folgende Tabelle zeigt die Waldfläche und Holzmasse dieser Gegenden.

Tabelle Nr. 8. Flächen und Holzmassen.²⁾

Plätze	Bez. Moko	Bez. Kwaden Tonkwa u. Gakuboku	Bez. Enkichi u. Wayyo	Bez. Anto u. Busho	Total
Gesamt- waldfläche (Cho)	267.555.8	799.852.0	182.212.9	714.244.1	1.963.864.8
Gesamt- holzmasse (Koku)	204.351.965	531.186.325	95.644.890	484.355.430	1.315.518.610
Lärchen- holzmasse (Koku)	15.587.052	6.732.799		4.248.433	26.568.284

Bemerkung:—Moko, Kwaden, Tonkwa, Gakuboku, Enkichi, Waryo, Anto und Busho sind Bezirke der Provinzen Mukden und Kirin.

1) Kitakarafuto shinrin chosa hokokusho, S. 7-8.

2) Nanman Sho- To- Bo- ryuiki shinrin chosasho (Bericht über die Wälder des Gebiet des Sungari-, Tomen- und Botanflusses in der Südmandschurei). Publ. von der Südmandschurischen Eisenbahn Gesellschaft, S. 3.

Wenn wir aus den obigen Angaben über den Kubikinhalte auf die Fläche schliessen wollen, kommen wir auf eine solche von ca. 26.381 Cho.¹⁾

e. Gebiet am rechten Yalu-Ufer (Süd-Mandschurei). Nach dem Bericht der jap.-chin. Yalu-Holzschlängerungs-Gesellschaft sind 480.000 Cho Waldflächen (Urwald ca. 300.000 Cho) unter der Verwaltung dieser Vereinigung. Die entsprechende Holzmasse beträgt ca. 170 Millionen Shakujime.

Da keine näheren Angaben über den Anteil der verschiedenen Holzarten an dieser Masse bestehen, so berechne ich die Flächen- und Kubikmassen der Lärchenbestände unter Zuhilfnahme der ähnlichen bekannten Verhältnisse am linken Yaluufer. Dort nimmt die Lärche 18 % der Fläche und 22 % der Kubikmassen ein; demnach dürften am rechten Ufer ca. 54.000 Cho oder 37 Millionen Shakujime Lärchenholz sein.

f. Gebiet des Chingan-Gebirges. In diesem Gebiet ist die Lärche am stärksten vertreten, dann kommt die Birke. Andere Bäume gibt es sehr wenig. Nach dem Bericht über die Walduntersuchung des westl. Chingan-Gebirges beträgt die Gesamtwaldfläche ca. 216.000 Cho, die Holzmasse 97 Millionen Koku, wovon $63\frac{1}{2}$ Millionen Lärchen- und $33\frac{1}{2}$ Millionen Birkenholz.²⁾ Das ergibt, mit der Durchschnittskubikmasse von 450 Koku pro Cho für die Lärche eine Fläche von 141.623 Cho, welche vielleicht noch kleiner ist, da die Lärchen oft ertragreicher sind; im westlichsten Teil ist die Lärche noch zahlreicher, doch kann ich leider keinerlei zahlenmässige Beweise dafür geben, da die diesbezüglichen Berichte der in der Fussnote genannten Gesellschaft geheim gehalten werden.

Die nächste Tabelle gibt einen Überblick über die Gesamtflächen und Holzmassen des Lärchenbestandes in den oben besprochenen Gebieten (a-f).

Tabelle Nr. 9. Gesamtfläche des Lärchenwaldes
der verschiedenen Gebiete.

Gebiet	Ges. Fläche ha	Ges. Holzmasse fm	Lärchenfläche ha	Lärchen- holzmasse fm
a	2.023.207	151.153.333	485.966	42.800.000
b	1.974.611	174.218.750	64.207	9.261.623
c	2.197.759	353.169.313	383.814	87.978.125
d	1.947.699	411.099.566	25.173	8.301.339

1) Nach dem in der letzten Fussnote genannten Bericht enthält 1 Cho Fläche durchschnittlich 1.007, 11 Koku Lärchen; (vorgenannter Bericht S. 92.). Wir halten diese Zahl für zu gross, waren aber gezwungen, sie zu benützen, da es die einzige war, die uns aus diesem Gebiete zur Verfügung stand.

2) Mitgeteilt von der Süd-Mand. Eisenb. Gesellsch.

Gebiet	Ges. Fläche ha	Ges. Holzmasse fm	Lärchenfläche ha	Lärchen- holzmasse
e	2.975.305	53.125.000	53.555	12.466.667 fm
f	213.481	30.396.691	140.458	19.915.799
Total	11.332.062	1.173.162.653	1.153.173	180.723.553
Prozent	100	100	10,4	15,7

Bemerkung:—Für Nordsachalin ist nur der Lärchenreinwald eingerechnet ohne Berücksichtigung der Bestände im Mischwald.

Die Gesamtfläche des Lärchenbestandes in Ost-Asien (mit Ausnahme des Amur-Küstengebietes, Kamtschatkas und der Kurilen) beträgt demnach ca. 1.153.173 ha mit ca. 180.723.553 fm. Es sind 10,4 % der Waldfläche überhaupt und 15,7 % der Gesamtkubikmassen alles Holzes.

2. Stand der Nutzung

Das Gesamtgebiet, von dem wir sprechen, hat einen Lärchen-Urwald von ca. 1.153.000 ha und nimmt ca. 10,4 % der Waldfläche ein. Die Holzmasse des Lärchenwaldes beträgt ca. 180.000.000 m³ und zwar entfallen 15,7 % auf die Holzmasse. Bis heute wurden in den erwähnten Gebieten nur jene Baumarten (wie Fichte und Tanne) planmässig benutzt, welche den gewaltigen Bedarf der Papierfabrikation befriedigen konnten, da Holz für andere Zwecke, wie z. B. für Eisenbahn-, Gruben- und Schiffbau etc. anderswo bequemer und genug zu finden war. Wenn jedoch der Bedarf der genannten Industrien für die sich Lärchenholz gut eignet, grösser sein wird, dann wird sich der eminente Nutzwert der Lärche erst ganz zeigen; ihre Erhaltung ist also eine wichtige Sache für die Zukunft.

Leider wird aber mancherorts eine arge Raubwirtschaft mit dem Lärchenurwald getrieben. So beträgt z. B. die jährliche Fällung in Nordkorea¹⁾ ca. 30.000 m³. Wieviel im Gebiet des Chingan-Gebirges geschnitten wird, weiss man nicht. Dort wetteifern die Privaten mit den Eisenbahnen, die Lärchenbestände (als Kohlenersatz) zu Heizzwecken zu dezimieren. Auch in anderen Gebieten kennt man keine annähernd richtigen Zahlen über die Fällung. In der Provinz Kirin und rechts vom Yalu-Fluss wird die Lärche als Baustangen- und Schwellenholz verwendet. In Südsachalin verschwinden grosse Wälder und minderwertigers Weideland entsteht, aber nir-

1) Eirinsho annai, S. 13-14, 1906-1916 durchschnittl. jährl. Fällungsmasse: Kiefer 25.412 m³, Fichte u. Tanne 41.307 m³, Lärche 31.219 m³, zusammen 97.938 m³. 32 % entfallen auf d. Lärche.

gends denkt man an eine Aufforstung. Zwar werden durch staatliche Förster in Südsachalin jährl. ca. 5.000 ha mit Tannen-, Fichten- und Lärchensamen besät, in Korea und in der Mandschurei durch Staat und Private jährlich 2–3 Millionen Setzlinge aller Arten gepflanzt, aber diese Pflanzen stehen alle auf bisher baumlosen Flächen, und wenn auch das Forstamt in Nordkorea sogar bei Aufforstungen vergisst, für die natürliche Verjüngung Sorge zu tragen, so scheint meine Befürchtung wohl begründet, der wertvolle Lärchenurwald werde in kurzem einen unverhältnismässig starken Rückgang aufweisen.

III. Die bisherige waldbauliche Behandlung

1. Natürliche Verjüngung

Es existierte keine ernste Untersuchung auf diesem Gebiet, und es wäre die höchste Zeit gewesen, aus den Experimenten herauszukommen, denn die Lärchen-Urwaldfläche nahm beunruhigend schnell ab; man denke nur, dass bis 1915 in Nord-Korea allein jährlich ca. 30.000 m³. geschlägert wurden!

Man beobachtete bei Fällungen keinerlei Rücksicht auf die Nachhaltigkeit des Waldes; man kannte überhaupt keine Methode, es sei denn, dass man diese Raubwirtschaft selbst eine Methode nenne. Schliesslich, 1915 führten die Beobachtungen der Natur dazu, dass einige von ihr zu Verjüngungszwecken angewandte "Methoden" entdeckt wurden, welche man einteilte nach Misch- und Reinwald (Lärchen allein, oder mit Fichten und Tannen, od. mit diesen und Kiefern zusammen, oder diese letzteren allein). Auf diese Methoden bauten sich dann die waldbaulichen Pläne auf, welche durch die forstamtlichen Behörden in Korea ausgearbeitet und durch die dortige Regierung und das kaiserl. jap. Parlament genehmigt wurden. Wir finden hier eine Erklärung dieser Pläne. Deren Hauptgedanken sind:

A. Im Lärchenreinwald sollen die folgenden allgemeinen, waldbaulichen Gesichtspunkte berücksichtigt werden: Feuer, welche die (der natürlichen Verjüngung hinderliche) Bodendecke teilweise zerstören, sollen einige Jahre vor jeder Schlägerung im betreffenden Waldteile gemacht werden; zwei, drei Jahre nach erfolgter, natürlicher Keimung können dann die Oberbäume geschlagen werden. Da die Samenjahre der Lärche gewöhnlich alle 4 Jahre stattfinden, so soll man den Gesamtbestand in 4 Schläge einteilen und die erwähnte Vorbereitung durch Feuer abwechselnd vornehmen. Dies gilt jedoch nur für den Reinwald und auch dort nur, wenn darin kein

beträchtlicher Nachwuchs anderer Baumarten besteht, welche im Intervalle von 2–5 Jahren ihre Samen aussenden.

Eine weitere Ausnahme soll gemacht werden in allen Fällen, wo aus irgend welchen Gründen die Bodenfeuer unpassend scheinen und ferner, wo der Nachwuchs nicht auf natürliche Weise entsteht, d. h. wo nicht mindestens 150 Pflanzen pro Cho keimen. Dorthin sollen junge Pflanzen von Orten her versetzt werden, wo sie (aus natürlicher Saat) zu dicht um ihre Mutterbäume stehen. Diese direkte Verpflanzung ist nur für die Lärche angängig. Die meisten anderen Nadelbäume müssen in Baumschulen gezüchtet werden.

B. Im Allgemeinen anzuwendende Verjüngungsmethoden. Um dem fallenden Samen die Keimung zu erleichtern, wird die Bodendecke einige Jahre vor der Schlägerung in entsprechender Weise vorbereitet. Wenn der Nachwuchs 5–8 Jahre alt ist, werden die Oberbäume geschlagen. Da die Samenjahre 4 Jahre Intervall haben, so sollen die zum Schlag vorgesehenen Plätze in 4 Regionen geteilt und in diesen abwechselungsweise, 5–8 Jahre, ehe man zu fällen gedenkt, die nötigen Bodenvorbereitungen getroffen werden. An Orten, wo diese Vorbereitungen aus irgend welchen Ursachen nicht stattfinden können oder wo der Nachwuchs zu armselig ist, sollen kleine Pflanzen (nach der Schlägerung der Oberbäume) gesetzt werden. Diese Pflanzen sollen ca. 2 Jahre vorher von ihrem ursprünglichen Standorte, wo sie überflüssig sind, in eine Baumschule versetzt werden, von wo aus sie (ca. 200 pro Cho) an ihren definitiven Platz gebracht werden können. Direkte Verpflanzung ist nicht zu empfehlen. Der Plan will vorläufig nur für ein Drittel der Gesamtfläche auf diese Art für natürlichen Nachwuchs sorgen, wo er nicht von selbst, durch die Aufnahme der Bodendecke begünstigt, entstehen kann, da die Zahl der verfügbaren jungen Pflanzen für eine grössere Fläche nicht genügen würde. Aber kurz nachdem das parlamentarisch genehmigte Projekt zur Durchführung kam, wurde es schon wirkungslos gemacht durch ein vicesatthalterliches Zirkular dessen Inhalt, Berechtigung und Begründung im IX. Teil dieser Arbeit kritisch beleuchtet wird. Wir haben an dieser Stelle nur die beklagenswerte Wirkung dieses Zirkulars zu beschreiben, in welchem die Anwendung der Vorverjüngungsmethode auf belanglose Versuchsflächen beschränkt wurde, und wir können uns somit nur auf die Erfolge dieser Proben stützen.

1). Im Versuchsgebiet des Bezirkes Keizanchin (Nordkorea) haben wir im Mai 1918 eine Baumschule auf einem gut vorbereiteten Schlagplatze von 2.266 Tsubo¹⁾ mitten im Urwald angelegt. Zu diesem Zwecke wurden

1) Tsubo = ca. 3,312 m².

127.000 junge Bäumchen, die im Urwald aus natürlicher Saat entstanden und überzählig waren, in diese Baumschule verpflanzt, und 114.000 davon dort grossgezogen. Ähnliche Resultate ergaben die Versuche im Bezirke Cyukochin (ebenfalls in Nordkorea).

- 2). Ausser den Proben in Baumschulen sind auch solche mit Bodenvorbereitung in denselben Bezirken gemacht worden, und zwar
- | | |
|---|----------|
| im Bezirke Keizanchin auf einer Fläche von 85 Cho | |
| im Bezirke Cyukochin auf einer Fläche von 118 Cho | |
| d. h. insgesamt | 203 Cho. |

Die in 2) erwähnte Bodenvorbereitung ist mit der Hacke gemacht worden. Die Feuermethode ist nicht angewandt worden.

Nun werden wir über die Resultate dieser, mit so geringen Mitteln vorgenommenen Versuche Bericht erstatten.

Unsere Erwartungen sind trotz vieler gegenteiliger Meinungen anderer Fachleute zum mindesten erfüllt, wenn nicht sogar übertroffen worden. Nach dem Rapport des Bezirksförsters in Keizanchin vom 25. Sept. 1920 haben von den 114.000 Pflanzen der dortigen Baumschule 84.200 Stück sich zu guten, brauchbaren Bäumen entwickelt.

Der dipl. Forstingenieur MARUYAMA berichtete nach einer Inspektion des Bezirkes Cyukochin an das koreanische Oberforstamt im November 1920, dass zwar die Kiefer sich zur Aufzucht in Baumschulen nicht eigne, Tanne und Fichte dagegen in 95 von 100 Fällen auch nach der Verpflanzung an den definitiven Standort gut gedeihen würden. Auch die Ergebnisse der Bodenvorbereitungsversuche sind zur vollen Zufriedenheit ausgefallen. Sowohl der Rapport des Bezirksförsters in Cyukochin von 12. Dez. 1919 als auch der Inspektionsbericht des genannten MARUYAMA sprechen von ca. 20 Pflanzen pro Quadratfuss, von welchen im nächsten Jahre noch immer eine pro zwei Quadratfuss, im guten Zustande angetroffen wurde. Aber trotz dieser günstigen Resultate ist noch immer keine systematische Ausnutzung zu bemerken und die planlose Raubwirtschaft geht ruhig weiter.

Die verhältnismässig unbedeutenden und kostspieligen Baumschulen aus künstlicher Saat vermögen an der Tatsache nichts zu ändern, dass der Urwald keine Vermehrung, sondern eine beängstigende Verminderung erfährt. Zwar werden neuerdings wieder allerlei Beobachtungen gemacht, ob und wie dagegen zu helfen wäre; aber man hat weder neue Mittel gefunden, noch den alten Plan im Ernst untersucht. Ob dieser totgeschwiegene Plan der Ausführung wert wäre oder nicht, werden wir an einer anderen Stelle dieser Arbeit sehen.

2. Die künstliche waldbauliche Behandlung.

Sowohl in Sachalin wie in Korea und in der Süd-Mandschurei (Fushun Gebiet) wird diese angewandt, und zwar im ersteren durch Saat, in den anderen Gebieten durch eine jährliche Pflanzung von 2-3 Millionen Bäumchen. Wir geben nachstehend ein Bild dieser Behandlung, ergänzt durch praktische Winke, wo solche nötig scheinen.

Um junge Lärchenpflanzen zu züchten, verwendet man fast immer Korn- selten Flügelsamen und zwar, je nach dem Keimungsprozentsatz, mehr oder weniger. Wenn dieser letztere ca. 30-40 % beträgt, so nimmt man pro Tsubo 1-2 Go¹⁾ Samen.

Die Saatbeschattung ist (zum Unterschied gegen die japan. Lärche, für welche solche nicht gebräuchlich ist), im grössten Teile der Mandschurei und Koreas unentbehrlich und wird durch Schilfmatten bewerkstelligt, und zwar als sogen. Halbschattung. Nur im Ranan-Gebiet, wo häufiger Nebel die Sonnenkraft bricht und die Erde feucht hält, kann diese Arbeit wegfallen. Die Beschattung ist nur im Saatbeete nötig.

Die günstigste Produktionszahl pro tsubo liegt zwischen 2.000 und 4.000 Stück. Der Kampf ums Dasein scheint für die gute Entwicklung der Pflanzen eine Bedingung zu sein. Wo eine geringere Zahl derselben beieinander steht, bleiben sie merklich zurück und werden leicht vom Unkraut überwuchert.

Die Bekämpfung der Insekten und Pilze bildet einen wichtigen Teil der Pflanzenpflege, da diese Schädlinge überall zahlreich sind. Gegen die Pilze (hauptsächlich *Fusarium* welke) wird eine mehrmalige Bespritzung mit Bordeaux Mischung benützt, welche Behandlung sofort nach der Keimung beginnt. Die Insekten (in erster Linie Engerlinge) werden soweit möglich von Hand getötet, weshalb eine tägliche, sorgfältige Kontrolle der ganzen Anlage vorgenommen wird.

Ausreichende Wässerung ist eine weitere Bedingung für das Gedeihen der Baumschulen, die vorzugsweise so angelegt werden, dass die Wege höher sind als die Pflanzbeete, weil die dahurische Lärche im Vergleich zu der japanischen von Natur aus viel durstiger ist.

Die Grösse der Pflanzen ist nach einem Jahre durchschnittlich 12 cm, nur in Ranen, wo besonders günstige Verhältnisse den Wuchs beschleunigen, werden die Bäumchen 18 cm hoch.

Die Verpflanzung aus der Baumschule in den Wald geschieht frühestens im zweiten Herbst nach der Saat; im Frühling vorher werden die Sämlinge,

1) 1 Go = 0,18039 Liter.

zwecks besserer Wurzelentwicklung in andere Beete verpflanzt, und so gewinnt man bis zum Herbst 21–45 cm hohe Pflanzen.

Der Abstand der Pflanzen im Walde, früher zu eng angenommen, beträgt jetzt meistens nach allen Richtungen ein Ken (=ca. 1,8 m) (d. h. in der zweiten Reihe stehen die Bäume hinter den Lücken der ersten, so dass der ganze Wald in gleichseitige Dreiecke eingeteilt ist).

Die allgemeine Pflanzzeit ist im Frühjahr. Da es jedoch in jedem Forstbetrieb zu jener Zeit übermässig viel Arbeit gibt, verpflanzt man vor allem die Lärche gern im Herbst, ohne dass dadurch die Resultate wesentlich verschlechtert würden.

Die günstigste Lage der Pflanzungen ist in der Mandschurei auf der dem Norden mehr zugewandten Seite der Täler, wahrscheinlich weil dieses Land trockener ist als Korea, wo der Aufwuchs auch auf der Südseite gut gedeiht.

Versuche haben bewiesen, dass im freien Feld auf Brandstellen die Pflanzung trotz besser Düngungsverhältnisse keine guten Resultate zeigt, (die Setzlinge sterben gewöhnlich bald nachdem sie die ersten Schosse getrieben haben; wahrscheinlich infolge der direkten und indirekten Bestrahlung, die für die schwachen jungen Pflanzen zu intensiv ist,) weshalb man heute grasreiche Flächen vorzieht.

IV. Der Zustand des Lärchennaturwaldes

1. Seine Entstehung

Die Zustände jedes Urwaldes sind zwar im allgemeinen unregelmässig, so auch die des Lärchenurwaldes, doch kann man reinen und gemischten Wald unterscheiden. Gewöhnlich kommt im Reinwald keine Mischung mit anderen Baumarten vor, jedoch sind im Gebiete des Tomenflusses vereinzelte Birkengruppen (*Betula chinensis* MAXIM.) zu finden, die allerdings nur mannshoch werden.

Den gemischten Urwald, in welchem dahurische Lärche vorkommt, kann man ungefähr in drei Gruppen einteilen. Die Lärchen sind gemischt mit a) Fichte und Tanne, b) den vorigen und Kiefer, c) Birke.

Bemerkung: Wir sprechen hier hauptsächlich von *Picea ajanensis* FISCH., *Abies nephrolepis* RUPR., *Abies sachalinensis* FR. SCHM., *Pinus koraiensis* SIEB. et ZUCC., *Betula japonica* SIEB. Man findet seltener *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC., *Pinus pumila* RGL., *Betula Schmidtii* RGL., *Betula dahurica* PALL., *Populus tremula* FR. SCHM., *Populus Maximowiczii* A. HENRY, *Alnus*- und *Salix*arten etc.

Dieser gemischte Wald kommt in Süd- und Nordsachalin, Südmandschurei und in Korea, im Gebiet des obengenannten Tomenflusses, ebenso an Berghängen, wie auf der Ebene vor, während der reine Wald vorzugsweise in sumpfigen Niederungen gedeiht.¹⁾

Die Bodendecke ist, ohne die lebenden Bestandteile wie Gras, Unkraut, Buschwerk und dergl. meistens im Reinwald ca. 15–21 cm dick und besteht aus den Wurzeln der obengenannten Pflanzen, abgefallenen Ästen, Zweigen, Nadeln und andern botanischen oder auch animalischen Beständen. Im Mischwald ist die Dichtigkeit dieser Decke gewöhnlich fast um die Hälfte geringer (9–12 cm). Während im Reinwald der Boden von Gras und dergl. (vorzugsweise *Calamagrostis sachalinensis* FR. SCHMIDT) und von Gesträuch (speziell *Ledum palustre* L. var. *dilatatum* WAHL.) stark bewachsen ist, kommt im Mischwald höchstens hie und da eine dichtere Gruppe von *Pteridium aquilinum* KUHN. und *Vaccinium Vitis-idea* L. vor. Im allgemeinen aber ist der lebende Teil der Bodendecke im Mischwald bedeutend weniger dick als im Reinwald.

Der reine Lärchenjungwald ist das Bild von Gleichheit und Einigkeit. Seine Stämme sind alle ungefähr gleich hoch und stark, der Wuchs und die Gestalt der Bäumchen ist ganz ähnlich. Ein solcher Wald zieht sich oft mit Vorliebe einem Wege entlang und nimmt dann naturgemäss eine längliche Form an. An Stellen, wo alter Wald teilweise durch das Feuer auf den benachbarten Äckern verbrannt wurde,²⁾ bildet dann der Nachwuchs meistens geschlossene Gruppen, die (je nach der Grösse des Brandes) mehrere Hektaren umfassen.

Wenn das Stadium des Jungwaldes überschritten ist, so verliert sich das Bild der Gleichheit. Die Höhe bleibt zwar ungefähr dieselbe, aber in der Stammstärke zeigen sich bedeutende Differenzen. So habe ich in einem der Wälder in Südsachalin, welche Gegenstand meiner Studien waren, bei den stärkeren Bäumen Durchmesser von 42 cm gefunden, während unterdrückte Stämme nur 9 cm dick waren. Weil die Baumhöhen nur unbedeutend verschieden sind, so scheint es aus der Ferne gesehen, als ob dieser Wald regelmässig sei. Im alten Wald kommen die Konsequenzen des Kampfes ums Dasein zur Geltung; die unterdrückten Bäume sterben ab, die herrschenden Bäume bleiben und bilden einen rauhen Wald mit weniger zahlreichen aber dafür umso stärkeren Bäumen. Der alte Lärchenwald ist gelegentlich durchsetzt von jüngeren Baumgruppen. Die Flächen dieser Baumgruppen sind selten kleiner und umfassen etwa 100 Bäume,

1) Nanman Sho-To-Bo-ryuiki shinrin chosa sho, S. 55.

2) In Korea werden die Felder durch Feuer von den Stoppeln gereinigt.

—im allgemeinen aber sind sie grösser; die Bäume der gleichen Gruppe sind gleichalterig. Im Reinwald kann man seltsamerweise keinen Nachwuchs finden.¹⁾ In seltenen Fällen kommen junge Pflanzen auf gefallenem Stämmen und auf Steinen mit geringer Bodendecke vor. In bezug auf Verjüngung aber müssen wir sagen, dass dieser Wald keinen Nachwuchs besitzt. Der Lärchenreinwald entsteht auf einmal, und da er keinen Nachwuchs hat, verschwindet er nach einer Generation wieder. Nach 400 oder 500 Jahren beginnen die Bäume langsam zu fallen und abzusterben, hier und dort wachsen kleine Lärchen nach; im allgemeinen aber entsteht Grasland oder mit Sträuchern bewachsenes Land.²⁾

Der Mischwald ist verschieden je nach der Art der Mischung. Bei der Mischung mit der Birke, wo es sich um zwei Lichtholzarten handelt, ist der Kampf ums Dasein in der Jugend sehr stark, im mittleren Alter wird die Birke mehr und mehr unterdrückt und verschwindet endlich ganz. Bei der Mischung mit Fichte, Tanne und Kiefer dauert der gemischte Zustand an, die Lärche wird immerhin am ältesten und am höchsten. Fichte und Tanne dringen gewöhnlich in mittelaltrigen Lärchenwald ein, zuerst als Unterbaum, dann als Mittelbaum und ein Teil endlich als Oberbäume, nachdem die Lärchen gefallen sind. Diese Fichten und Tannen kommen gewöhnlich auf gefallenem Baumstämmen oder an Plätzen mit dünner Bodendecke linienweise oder gruppenweise vor (siehe Tafel XVIII. fig. 1). Der Nachwuchs der Tanne ist zahlreicher als der Fichte. Die Tanne lebt aber im allgemeinen nicht so lang wie die Fichte. Die Tanne ist im Tale auch zahlreicher als in höheren Gebieten. Wie in den Lärchenwald dringen Fichte und Tanne im Tale auch in den Laubholzwald ein. In der Mischung von Lärchen mit Fichte, Tanne und Kiefer finden sich auch Laubhölzer, speziell Acerarten, ferner auch *Euonymus oxyphylla* MIQ., *Tilia amurensis* RUPR., *Tilia mandschurica* RUPR. et MAXIM., *Eleutherococcus senticosus* MAXIM., *Phellodendron amurense* RUPR. etc. (siehe Tafel XVII. Fig. 1). Diese letzteren sind meistens Halbschattenbäume und halten das überflüssige Licht ab, das ist ein Vorteil für die Entwicklung der jungen Fichten und Tannen. Manchmal entwickeln sich Laubhölzer des Mischwaldes zu Mittelbäumen. Die Lärche hat wie im reinen Wald auch im Mischwald keinen eigenen Nachwuchs. Auch im Mischwald stirbt die Lärche nach einer Generation.

Die Waldfeuer sind für die Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft des Lärchenwaldes von grosser Wichtigkeit. Im Folgenden werden wir

1) HONDA: HONDA zoringaku zenron III, S. 300 (1902).

2) desgl. S. 310.

sehen, welche Rolle das Feuer gegenwärtig in den Lärchenwäldern spielt.

In der Ebene entstehen Waldfeuer speziell bei Rodung oder durch Zufälle. Auch in den höhern Lagen finden wir ähnliche Ursachen. Beim Ackerbau in Nordkorea und Wiesenbau im Chingan Gebirge findet das Feuer reichliche Verwendung, und nicht selten wird dabei auch der Wald in Mitleidenschaft gezogen. In diesen Gebieten sind überall vom Feuer geschwärzte Stämme. Unter diesen angebrannten Bäumen findet man oft junge Fichten und Tannen, in Lärchenwäldern auch Lärchen, was zeigt, dass das Feuer vor dem Anflug der Samen dieser jungen Pflanzen stattgefunden haben muss.

In Bezug auf den Grad des Schadens ist zu sagen, dass bei Kronenfeuer die Mutterbäume sterben, bei Bodenfeuer dagegen gewöhnlich nur angebrannt werden. Werden beim Kronenfeuer alle Äste verbrannt, stirbt der Baum sofort, wird aber nur ein Teil der Äste vernichtet, stirbt er nach und nach. An Plätzen, wo Kronenfeuer stattgefunden hat, findet man tote, absterbende und noch lebende Bäume.

Im Jahre 1914 wurden in Korea 20.000 ha Wald durch Brand vernichtet. Dieses grosse Areal ist heute mit Unkraut und Gesträuch bedeckt, Wald ist nicht nachgekommen. Wird aber ein kleineres Gebiet mit Mutterbäumen durch Brand verheert, so findet gelegentlich nachher eine schöne Verjüngung statt: Birke, Pappel und Lärche bilden reinen oder gemischten Wald. Grosse Kronenfeuer, die Lärchenreinwald erreichen, werden zu Bodenfeuern, verlieren ihre Kraft und verlöschen nach und nach.

Am widerstandsfähigsten gegen Waldfeuer ist die Eiche, dann folgt die Lärche, weiter Kiefer, Fichte Tanne, Pappel und Birke. Die Birke ist am wenigsten widerstandsfähig gegen das Feuer, hat aber eine umso grössere Ausschlagsfähigkeit für den Wiederaufbau des Waldes.

Der Bauer in Korea bevorzugt bei Rodungen Südhänge, und dem entsprechend entstehen auf dieser Seite auch mehr Waldfeuer. Wir treffen hier auf schönere und zahlreichere junge Lärchen als auf den andern Seiten, weil hier dem Lichtbedürfnis der Lärchen Genüge geleistet werden kann. Man kann daraus doch die Wichtigkeit der Waldbrände für die Lärchenverjüngung ersehen.

2. Die Veränderung des Waldbildes

Ein Teil des Lärchenwaldes im Tiefland hat überhaupt keinen Nachwuchs, wenn der Lärchenwald sehr alt ist und natürlich zu Grunde geht. Ein Teil der Lärchen im Tiefland und die im Hochland haben auch keinen eigenen Nachwuchs, wohl aber solchen von Schattenholzarten

(Fichte und Tanne). Im Folgenden zeigen wir ausführlich das Eindringen der Schattenholzarten in den Lärchenwald.

Im jungen Lärchenwald ist gewöhnlich die Zahl der Bäume gross, d. h. 20.000–30.000 pro ha. Dieser Schluss ist dicht und andere Bäume können in diesem Wald nicht durchdringen. Wenn die dahurische Lärche ein mittleres Alter (70–80 Jahre) erreicht, wird der Schluss mitteldicht und kleine Bäume können sich entwickeln. Wenn die dahurische Lärche älter wird, wird der Schluss auch weniger dicht, und die nachgekommenen Fichten und Tannen entwickeln sich zu Bäumen von mittleren Höhen. Durch das fortwährende Eindringen von Fichten und Tannen erfolgt der Wechsel vom reinen Lärchenwald zum gemischten Wald (Lärche, Fichte und Tanne). Wenn die alten Bäume dieser Lärchengeneration fallen, wird der Wald zu einem Fichten- und Tannenwald. Der Lärchenwald hat also wieder einem Fichten- und Tannenwald Platz gemacht (siehe Tafel III, Fig. 2). Diese Erscheinungen gelten sowohl für die japanische wie auch für die europäische Lärche.¹⁾

Wenn die Föhre zu Fichte und Tanne hinzukommt, wird die Veränderung des Waldbildes komplizierter. In den Lärchenwald von mittlerem Alter dringt die Kiefer mit Fichten und Tannen ein. Wenn die Lärche, wie oben gesagt, älter wird, entsteht ein gemischter Wald mit Lärchen, Fichten, Tannen und Kiefern; die Lärchen sind dabei die Oberbäume. Nach dem Verschwinden der Lärche bleibt ein Mischwald mit Fichten, Tannen und Kiefern. Aber auch die Kiefer hat keine Dauer; nach mehreren Generationen verschwindet sie und es bleibt ein Fichten und Tannenwald.

Nach einem Feuer in einem ursprünglichen Fichten und Tannenwald kommen Lärchen allein oder mit Birken zusammen nach.²⁾ Mit Birken zusammen kommen sie in folgender Weise vor.

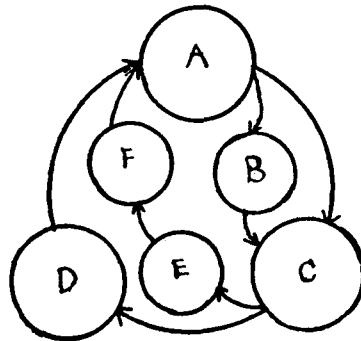


Fig. 2.

- A. Originalwald mit Fichten und Tannen.
- B. Mischwald mit Lärchen und Birken.
- C. Lärchenreinwald.
- D. Mischwald mit Lärchen, Fichten und Tannen.
- E. Mischwald mit Lärchen, Kiefern, Fichten und Tannen.
- F. Mischwald mit Kiefern, Fichten und Tannen.

1) HONDA zoringaku zenron III, S. 305–306 (1902).

Forst und Jagdzeitung S. 298 (1895).

Centralblatt für das gesamte Forstwesen S. 1–15 (1904).

2) HONDA zoringaku zenron III, S. 305 (1902).

Im Jugendstadium ist das Wachstum beider ungefähr gleich; später, etwa vom 30. Jahre an, wird die Birke unterdrückt, und die Lärche wird herrschender Baum. Nach etwa 100 Jahren ist die Birke ganz unterdrückt¹⁾, und wir haben einen reinen Lärchenwald. Dieser verändert sich teilweise nach dem oben beschriebenen Prozess in einen Mischwald von Fichten und Tannen. Fig. 2 veranschaulicht diesen Wechsel.

3. Einfluss der Waldfeuer auf die Verjüngung der dahurischen Lärche

Das Waldfeuer vernichtet die Bäume, zerstört den Waldboden und ist im Forstbetrieb daher äusserst gefürchtet. Für den Forstschutz ist die Feuerabwehr ein wichtiges Problem. Man muss aber hier nicht ausser Acht lassen, dass auf die Zerstörung der Wiederaufbau folgt. Von diesen beiden Wirkungen des Feuers soll im folgenden die Rede sein.

Im jungen Lärchenreinwald wirkt das Waldfeuer katastrophal; alle Bäumchen werden vernichtet. Im mittleren und alten Reinwald ist der Schaden geringer. Die Bäume werden bis einige Meter über den Boden geschwärzt aber sterben nicht ab. Im alten und mittleren Reinwald handelt es sich meist um Bodenfeuer, Kronenfeuer ist selten. Im Mischwald ist es anders. Fichte und Tanne haben mehr Harz, sind verschieden hoch, und ihre Aeste reichen weit herunter, so verändert sich das Bodenfeuer leicht zu Kronenfeuer. Im Mischwald entsteht so grösserer Schaden als im Reinwald. Das Bodenfeuer vernichtet also nur die jungen Lärchen, während die alten Bäume geringen Schaden leiden. So geht im Chingan Gebirge der junge Lärchennachwuchs öfters zu Grunde.

Bei geschlagenem Wald bleibt gewöhnlich das Reisig, die Rinde, Stumpfe und andere Abfälle liegen und alles wird bei Feuer mit der ganzen Bodendecke vernichtet. Im Reinwald wird nur der oberste Teil der Bodendecke zerstört; so kann man im allgemeinen sagen, dass im Reinwald die zukünftigen Ernährungsreserven nicht zu Grunde gerichtet werden.

Ueber den Einfluss des Feuers auf die Entstehung der Wälder der dahurischen Lärche berichtete HONDA in seinem Buch²⁾ und auch E. H. WILSON in seinem Rapport.³⁾ Ähnliche Untersuchungen über andere Holz-

1) Im Lärchenversuchswald in Sachalin hat der Verfasser Messungen vorgenommen. Die stärkste Lärche (94 Jahre alt) hatte in Brusthöhe 42 cm Durchmesser, die stärkste Birke 12 cm. Letztere war im Absterben begriffen. Das Alter beider Bäume war ungefähr gleich.

2) HONDA zoringaku zenron III, S. 300-302 (1906).

3) E. H. WILSON; Rapport an den Generalgouverneur von Korea, nach seinen Reisen in Nordkorea mit dem Verfasser.

arten existieren von HONDA über *Larix [Kaempferii] SARG.*¹⁾, von TOZAWA über *Cryptomeria japonica* DON. und *Thujopsis dolabrata* SIEB. et ZUCC.²⁾, von T. MUNGER über *Pseudotsuga Douglasii* CARR.³⁾, von SCHENCK über *Pseudotsuga Douglasii* CARR., u. a.⁴⁾, von W. C. LOWDERMILK über die Engelmannfichte.⁵⁾ Es folgt nun ein Ueberblick über die Ansichten der genannten Autoren.

Bemerkung: a bis g enthält die Hauptsache von TOZAWAS Theorie; h bis j zeigt MUNGERS Ansicht; k charakterisiert SCHENCKS Auffassung während l die Gedanken von W. C. LOWDERMILK anführt.

a. Junge *Cryptomerien* im Laubholz sind immer gleich alt wie die Laubhölzer. Bei grossgewachsenen *Cryptomerien* findet man aber Differenzen im Alter und in den Massen. Die Altersunterschiede innerhalb der gleichen Gruppe sind aber auf 50–60 Jahre beschränkt. So finden wir innerhalb der gleichen Gruppe z. B. Bäume von 120–130 Jahren vermischt mit Bäumen von 170–180 Jahren oder Bäume von 140–150 Jahren vermischt mit Bäumen von ca. 200 Jahren. Eine solche Gruppe scheint also nach Verlauf von 50–60 Jahren ihre endgültige Gestalt und Zusammensetzung erlangt zu haben.⁶⁾

b. Junge *Cryptomerien* kommen auf Waldbrandplätzen vor, ebenso 20–30 jährige Bäume.⁷⁾

c. Weil *Thujopsis* für den Ackerbau und speziell für die Reiskultur, des Schattens wegen schädlich war, griff der Bauer oft zur Waldeinäscherung. Auf solchen Brandplätzen entstand 50–60 jährige *Thujopsis*.⁸⁾

d. Es scheint, dass die Keimung der *Cryptomerien* und *Thujopsis* im Humusboden gering sei. So hat der humusreiche Boden für das Wachstum der *Cryptomerie* keine besondere Bedeutung. Mit Aesten und Nadeln ist die ganze Schicht über ein Shaku (=ca. 30 cm) tief. In Nordostjapan ist der humusreiche Boden schlecht für Baumschulen. Besonders ungünstig ist die Aussaat im Herbst, wenn man nicht in sandigen Tonboden sät. In solchem Humusboden keimt im kommenden Frühjahr

1) HONDA zoringaku kakuron II, s, 143 (1906).

2) TOZAWA: Akita no sugi Aomori no hiba no sei ritsu o ronzu. (Entstehung des *Cryptomeria* Waldes in Akita und des *Tsujopsis* Waldes in Aomori), publiziert in Dai Nippon Sanrinkwai Ho, Nr. 377, S. 1–29.

3) T. MUNGER: American Forestry, p. 199–205 (1920).

4) Dr. SCHENCK: Waldbrand des Urwaldes, allgemeine Forst- und Jagdzeitung, S. 377–388 (1924).

5) W. C. LOWDERMILK: In Journal of Agricultural Research, Vol. XXX, p. 1509 (1925).

6) TOZAWA, l. c. S. 2.

7) do. p. 2.

8) do. p. 7.

die Saat, aber grösstenteils stirbt sie dann ab. Es scheint, dass diese Schwarzerde für Wasser starke Absorbierungskraft besitzt, dass der Feuchtigkeitsgrad das Volumen stark verändert, und, dass sie leicht gefriert. So zerstört die Schwarzerde die Saatbeete und erhöht die Bodentemperatur durch die Absorption der Sonnenstrahlen. Besonders zur Zeit der Schneeschmelze werden die Beete übermässig nass, und die Samen verfaulen, während die Trockenheit die jungen Pflanzen tötet. Auch der Keimling, der an solchen Plätzen wächst, ist gegen Kälte und Hitze empfindlicher, weil er sehr reich an Saft ist. Wenn man also Saat an solchen Orten wünscht, muss man im Frühling säen und zum Schutz der Bodendecke Schwarzerde mit feinem Sand mischen, um den Boden humusärmer zu machen, oder das Beet mit feinem Sand decken und auf letzteren säen. Wenn man aber im Herbst auf sandigen Boden sät, kann man die Mühe des Deckenschutzes gegen Sonnenstrahlen und Frost sich ersparen und doch auf einen grossen Keimungsprozent rechnen.¹⁾

e. Im Naturwald finden wir reinen Nadelholzwald meistens in verschiedenen Altersstufen auf stark geneigten Hängen. Auf schwächer geneigten Hängen gedeiht mit Vorliebe Laubholzwald. Wenn man den oben erwähnten entgegengesetzte Erscheinungen findet, sind sie meistens durch Feuer verursacht.²⁾

f. Wenn wir organische Substanz in reichem Sauerstoff verbrennen, werden Stick- und Kohlenstoff frei, und Kali, Kalk, Phosphorsäure etc. bleiben. Davon ist Kalk das beschleunigende Material für die Zersetzung der organischen Substanzen; Kali und Phosphorsäure sind wichtige Faktoren für die Ernährung der Pflanzen. Wenn man nun den Wald anzündet, bleiben die grössten Bäume stehen, und eine andere, grössere Zahl von Bäumen verbrennt; auch die organischen Substanzen des obersten Teils der Erde werden vernichtet. Nach öfteren Bränden werden die organischen Substanzen nach und nach vermindert, und der Kalk, der sich in der Asche befindet, wirkt auch beschleunigend auf die Zersetzung der organischen Substanzen. Durch die Verbrennung werden die organischen Substanzen in der Erde vermindert, und ergibt sich hier ein passendes Keimbeet für Nadelholzsamen. Auch die überlebenden grössten Bäume nehmen durch öftere Brände Schaden in Bezug auf Zuwachs; die Samenjahre folgen aber dann schneller aufeinander; die Menge der Samen wird gross und fliegt auf den Brandplatz. Weil solcher Wald trocken ist, ist er weniger geeignet für

1) TOZAWA, S. 16.

2) do. S. 19.

die grösseren Samen des Laubholzes; Nadelholz gedeiht besser und nimmt die Stelle des Laubholzes ein.¹⁾

g. In früherer Zeit herrschte dort Ackerbau unter Zuhilfenahme des Feuers. Die Umlaufszeit betrug 30–40 Jahre. Auch der Wald wurde dabei verbrannt, und man muss annehmen, dass er die gleiche Umlaufszeit hatte.²⁾

h. Wenn nach dem Fällen direkt Feuer auf den Platz kommt, geschieht die nächste Regeneration leicht. Die Ursache dafür war unerklärlich bis zum Beweis durch die Versuchsstation von Windriver. Die Samen liegen geschützt in "duff" und Humus des Waldbodens, entgehen dem Waldfeuer und keimen im folgenden Frühling.³⁾

i. Gewöhnlich werden im Feuer die Keimlinge vernichtet, – wenn es aber schwach ist, oder das Feuer in "crazy quilt fashion" eindringt, bleiben kleine Inseln für den Wiederaufbau des Waldes erhalten. Die gegenwärtige unregelmässige Verbreitung des Waldes geht auf die gleiche Ursache zurück.

j. "Sometimes by a turn of fortune, one area escapes the second fire and the initial crop of seedlings survives and in 20 or 25 years reaches an age when, because of its dense shade it is somewhat resistant to fire and gives promise of reaching maturity".⁴⁾

k. Im Urwald von *Pseudotsuga* und andern Bäumen erfolgt häufig Massentod mit nachfolgender Massenaufstehung. Die Ursachen dieses Massentodes sind Orkane, Riesengassen von Bäumenabsicheln, Ueberflutungen, Sandauflagerung, Pilzkrankheiten, Insektenkalamitäten und Waldbrand. Bei Waldbrand wird der Bestand von *Pseudotsuga* und Fichten durch gleichartigen Bestand von Lärchen und Kiefern verändert. Der Thujabestand mit 2.000 fm. pro ha. hat keinen eigenen Nachwuchs. Vernichtet aber das Feuer ein Areal von 100.000 ha. so wächst Thuja mit Pinus, Tsuga, Abies und Kiefer auf der gleichen Fläche nach.⁵⁾ Diese Erklärung deckt sich mit der Mungers, und geht wie diese auf die Beobachtungen J. B. HOEMANNs von der Versuchsstation Windriver zurück.

l. "Mineral soil surfaces and lightly burned surfaces decisively favour the quick restocking of Engellmann spruce under favourable moisture condition".⁶⁾

1) do. p. 20.

2) TOZAWA, p. 21.

3) MUNGER, p. 200–201.

4) do. p. 201.

5) SCHENK, p. 377–378.

6) LOWDERMIL, p. 1009.

Es sei im Folgenden gestattet, auf die einzelnen dieser Ansichten einzugehen. Wir halten die unter b, c, d, e und f wiedergegebenen Erklärungen TOZAWAS für richtig, können uns aber im Bezug auf a seiner Meinung nicht anschließen. Er sagt, dass die Cryptomerien gleichaltrig seien, und dass die Verjüngung innerhalb 50–60 Jahren vor sich gehe. Wenn ein solcher alter Wald sich binnen 50–60 Jahren verjüngt, kann man nicht behaupten, dass es durch Feuer geschehen sei, denn sonst müssten doch alle Bäume gleichaltrig oder höchstens 5–10 Jahre auseinander sein. Es ist eher anzunehmen, dass solche Gruppen sich nach Fällung durch den Wind verjüngt haben. Mit einem bestimmten Alter fallen die Oberbäume durch den Wind nach und nach und verfaulen in einem bis mehreren Jahrzehnten, je nach der Baumart. Dann entstehen junge Pflanzen auf den gefallen Bäumen. Man kann diesen Verlauf des Nachwachsens im Gebiete des Kaluflusses und in Hokkaido feststellen. So entstandener Wald ist im allgemeinen sehr schön. Nach dem Fallen folgt auf den dichten Schluss ein grober Schluss von nachwachsenden Cryptomerien, die sich auf den verfaulenden Stämmen entwickeln. Wir haben keine genauen Beobachtungen bei Cryptomerien gemacht, so dass wir die Annahme TOZAWAS nur bezweifeln können (a), seinen übrigen Schlüssen über die Entstehung des jungen und mittelalten Waldes aus dem Feuer dürfte nichts entgegen zu halten sein.

Der Theorie von MUNGER und SCHENCK über die Entstehung des Waldes von Pseudotsuga durch Waldbrände kann der Verf. ebenfalls keine klaren Kritizismen entgegenhalten. Die genannten Autoren nehmen an, dass die Samen das Feuer überdauern, und dass nach dem Feuer Verjüngung stattfindet, was für Pseudotsuga teilweise zutreffen mag, für dahurische Lärche aber absolut nicht der Fall ist. Bei letzterer fallen die Samen erst nach dem Feuer. Wir kommen später noch auf diesen Punkt zu sprechen.

Die unter h–j angeführten Erklärungen MUNGERS halten wir für richtig. Auch im Lärchenwald finden wir ähnliche Erscheinungen.

LOWDERMILKS Annahme von der Konservierung von Wasser nach dem Waldbrand fand in den Experimenten des Schreibenden Bestätigung. Ueber die schnellere Entstehung von Engelmannfichte nach Waldfeuer stehen uns keine genauen Beobachtungen zur Verfügung.

SCHENCKS¹⁾ Auffassung über die Entstehung von Pseudotsuga, Pinus, Tsuga, Abies und Kiefer pflichtet der Schreibende bei.

Wir glauben, dass Lichtholzarten wie Kiefer, Pappel, Birke und Lärche durch Feuer leicht entstehen können, für Schattenholzarten, wie Fichte und

Tanne aber ist dies fraglich. In Korea und in der Mandschurei gedeihen Fichten und Tannen ohne Feuer natürlich und bilden grosse Waldbestände. Dort werden Fichten und Tannen äusserst selten vom Feuer angegriffen. Wir können uns nicht vorstellen, dass dieser Urwald durch Feuer entstanden sei. Die dahurische Lärche dagegen entsteht oft durch Feuer, wie wir beobachtet haben. Im Folgenden treten wir näher auf diesen Punkt ein.

Wir finden sehr häufig Beispiele, dass junge Lärchen auf dem Brandplatz unter geschwärzten Oberbäumen nachwachsen. Illustration Nr. 6 oder 7 zeigt ein solches Beispiel. Es war schwer, den Beweis zu erbringen, dass mittelalteriger Wald durch Feuer entstanden sei. Aber als der Verfasser im Jahre 1924 in den Wäldern von Sachalin den Boden untersuchte, fand er verkohltes Material, Aeste etc. Die Oberbäume aber zeigten keine Spuren von Brand. So ist es klar, dass dieser mittelalterige Lärchenwald auf ein Feuer unmittelbar gefolgt ist.

Wir können nicht beweisen, dass der alte Lärchenwald auf ein Feuer entstanden sei, aber die nachfolgenden Gründe machen es wahrscheinlich:

- a) Die dahurischen Lärchen ein und derselben Gruppe entstehen alle auf einmal.
- b) Die dahurische Lärche wächst auf Boden ohne Bodendecke, wir finden nur selten Exemplare auf gefallenem Bäumen.
- c) Als Ursachen für die Entfernung der Bodendecken grosser Flächen sind zu nennen: Vulkanische Erscheinungen, Erdbeben, Lawinen, Ueberschwemmungen und Waldfeuer. Von diesen Ursachen kommt Waldfeuer überall in Frage, die andern Ursachen aber sind an bestimmte Lokalitäten gebunden.
- d) Waldfeuer werden von alters her durch Blitzschlag verursacht, dazu kommen andere, die auf den Menschen zurückgeführt werden müssen, die durch Unvorsichtigkeit, Rodung oder durch Absicht entstanden sind. Analog zu diesen örtlich und zeitlich verschiedenen Feuern findet man überall dahurische Lärchenbestände mit verschiedenen Altersstufen und verschiedenen Waldformen.

Wenn wir sagen, der dahurische Lärchenwald sei durch Feuer entstanden, kommen zwei Arten der Samenablagerung als möglich in Frage: von oben und von der Seite. Wenn Bodenfeuer unter Mutterbäumen entsteht, kommt der Samen von oben. Bei Kronenfeuer kommt er sowohl von oben wie von der Seite. Werden bei Kronenfeuer die Mutterbäume vernichtet, so muss der Samen von der Seite kommen, wenn aber das Feuer schwach ist, und die Mutterbäume erst nach und nach absterben, kann ein Teil des Samens von oben und ein anderer von der Seite kommen. Im letzteren Fall ist die Verjüngung ausserordentlich schön, wie man sie überall finden kann.

Bei einem Waldfeuer verjüngt sich die dahurische Lärche durch Samenabfall nach der Katastrophe. Im Jahre 1917 fanden wir auf einem Platz, wo im Jahre 1914 Grossfeuer stattgefunden hatte, viele zweijährige Lärchen, was beweist, dass der Samen dieser Pflanzen nach dem Feuer und nicht vor demselben abgefallen ist. SCHENCK und andere Forscher zeigen, dass bei *Pseudotsuga* etc. der Samen, welcher vor dem Brand gefallen ist, in der Bodendecke seine Keimungskraft behält. Auf diesen Punkt wollen wir jetzt eingehen. Nach den Versuchen von HOFFMAN dauert die Keimkraft bei Samen von *Pseudotsuga* 6 Jahre an, bei *Abies nobilis* LINDL. oder *Abies amabilis* FARB. 3 Jahre und bei *Pinus albicaulis* ENGEL. bis zu 20 Jahren. Die Keimung beginnt, wenn die Bodendecke durch Feuer zerstört wird. KOYAMA teilt mit,¹⁾ dass der Samen von *Magnolia obovata* THUNB. in 0,5; 1,0; 2,0 und 4,0 shaku (Fuss) unter dem Boden die Keimungskraft 5 Jahre behält und dann noch 50 % Keimung aufweist (im Zimmer verliert der Same die Keimungskraft schon nach einem Jahr). Bei Kronenfeuer entstehen gewöhnlich Temperaturen von 300° und bei starkem Wind noch darüber. Die Bodendecke wird meistens ganz vernichtet und der nackte Boden tritt hervor. Besonders an Plätzen mit viel Reisig und dürrer Holz, wo Temperaturen von 300°–500° und mehr entstehen, ist es kaum möglich, dass der Same eine so grosse Hitze überleben kann. Es folgen nun die Resultate von Versuchen in der Baumschule der kaiserlichen Hokkaido Universität über die Ausdauer des Samens der dahurischen Lärche gegen Hitze.

Keimungsprozent:

nicht erhitzt.....	51 %
10 Minuten lang auf 50° erhitzt	34 %
30 Minuten lang auf 50° erhitzt	14 %
50 Minuten lang auf 50° erhitzt	12 %
70 Minuten lang auf 50° erhitzt	8 %
90 Minuten lang auf 50° erhitzt	2 %
10 Minuten lang auf 100° erhitzt	0 %
30–90 Minuten lang auf 100° erhitzt	0 %

Bemerkung: Die Versuche wurden am 15. April 1925 begonnen und im Thermostat ausgeführt.

Die Keimungskraft geht also bei Erhitzung auf 100 Grad ganz verloren und beträgt nur noch 2 % bei Erhitzung auf 50 Grad während 90 Minuten. Wenn bei Feuer die Bodendecke verkohlt, ist die Temperatur

1) Ringakukwaiho (Rapport des japanischen forstwissenschaftlichen Vereines), Nr. 32, p. 1–9 (1925).

immer über 100 Grad,— so müssen die meisten Samen zu Grunde gehen. In Nordkorea fand man aber auf Brandplätzen grosse Samen von *Pinus koraiensis* SIEB. et ZUCC., welche durch Eichhörnchen als Reserven in ihren Bau getragen worden waren. Diese Samen keimten nach einigen Jahren. Es wäre anzunehmen, dass auch die Samen von *Pseudotsuga*, die nicht in der Bodendecke, sondern im Boden geschützt waren, nach dem Feuer keimen. Beim Samen der dahurischen Lärche kommt ein Wegbringen durch Eichhörnchen und Schutz im Boden nicht vor. Der grösste Teil der Samen wird im Feuer vernichtet, und nach dem Brand fallen andere Samen von oben oder von der Seite auf den Boden, welche keimen. Der durch Feuer beschädigte Mutterbaum hat zahlreichere Samen mit grösserer Keimungskraft.¹⁾ Letztgenannte Erscheinung gilt für "Western yellow pine". Für die dahurische Lärche haben wir keine diesbezügl. Experimente gemacht, aber es ist anzunehmen, dass durch das Feuer die Samenmenge ebenfalls vermehrt und ihre Keimungskraft gesteigert wird,— der Lärchenwald somit durch den Brand erneuert wird.

V. Versuche ueber die Bedingungen der Naturverjuengung im Walde

1. Allgemeines über die Versuche.

Wir haben im vierten Teil gezeigt, dass die dahurische Lärche an Plätzen wo das Feuer die Eigenschaften der Bodendecke verändert hat, oder auf nacktem Boden entsteht. Unsere Versuche sollen die Ursachen dieser Naturerscheinungen im Walde erklären. Weil die Gebiete der dahurischen Lärche z. T. schwer zugänglich sind, haben wir für unsere Beobachtungen das am nächsten gelegene Sachalin gewählt. Unter Erlaubnis des Gouverneurs von Sachalin wählten wir 1924 ein Waldgebiet für unsere Versuche zusammen mit den Forstbeamten der Insel aus. Dieses Gebiet liegt im staatlichen Schutzwald an der Strasse von Odomari nach dem Tonnai See in Südsachalin, etwa 10 km. von Odomari. In der Nähe dieses Gebietes waren Fichten und Tannen durch Käfer beinahe ausgerottet, die dahurische Lärche dagegen allein im Nadelholzwald verschont worden. Diese letztere erzeugt nun ein schönes Waldbild. Dieser Wald liegt in ca. 120 Metern Meereshöhe, auf tertiären Schichten, meistens auf schwach geneigten Südhängen. Im September 1924 bestimmten wir in diesem Ge-

1) The influence of age and condition of the tree upon production in Western Yellow Pine. Washington Forest Survey Experiment Station Office, p. 6-10 (1912.)

biet einen ersten Versuchsbezirk von Urwald meistens mittleren Schlusses und darauf in der Nähe einen zweiten Bezirk (Kahlschlagplatz). Dann begannen die Versuche. Im Juli 1925 beobachteten wir die ersten Resultate und suchten einen III. Bezirk mit grobem Schluss aus, wo wir im November des gleichen Jahres die ersten Ergebnisse der Versuche feststellten. Unsere Versuche wurden eingeteilt nach der Art des Schlusses und der Bodenvorbereitung (Geschnittenes Gras und Sträucher, Entfernung der Bodendecke in Streifen, Flecken und ganzen Flächen, Verbrennung der Bodendecke).

2. Einiges über Boden- und Waldzustand.

Diese Bemerkungen behandeln einige Faktoren, die für die Naturverjüngung wichtig sind.

a. Entstehung des Waldes. Der Hauptbaum unseres Waldgebietes war die dahurische Lärche; Birke kam nur in geringer Zahl vor. Es zeigte sich kein Lärchennachwuchs, wohl aber junge Fichten und Tannen, etwa 100 pro Hektare. Der Lärchenwald stand also im Anfang des Ueberganges zum Fichten und Tannenwald. Die Birken waren schwächlich und bildeten nicht Hauptbestand. Ueber die Entstehung dieser mehreren hundert Hektaren Reinwaldes waren wir zunächst im Zweifel, wir nahmen an, dass er nach einem Brand entstanden sei, eine Vermutung, die wir nachher bestätigt fanden, als wir die Bodendecke entfernten. Wir fanden viele geschwärzte Aeste und Stümpfe, die auf eine Verjüngung durch Feuer schliessen liessen.

b. Besamung. Die Samenjahre der dahurischen Lärche kommen in Intervallen von vier Jahren wie bei der japanischen Lärche. 1924 war kein Samenjahr wohl aber 1925. Weil es sehr wichtig ist, die Samenjahre im Voraus zu kennen, machten wir an einem Probestamm in der Nähe entsprechende Versuche. Wir wählten diesen Probestamm am 7. September 1924 aus und untersuchten die Knospen. Wir bemerkten kleinere Knospen und andere, die bis dreimal so gross waren. Wir hielten die grösseren für Blüten- und die kleineren für Blattknospen. Wir bezeichneten die grösseren Knospen mittels Draht und sahen dann am 8. Juni 1925 wieder nach. Die folgende Tabelle enthält die Resultate dieser Beobachtungen, welche zu 73 % eine Bestätigung der obigen Annahme ergaben.

Tabelle Nr. 10.

	Zahl der Knospen, die als Blüten betrachtet wurden.	Knospen ♂	Knospen ♀	Kurztriebe
Ast I	10	3	4	3
Ast II	5	2	2	1
Bestätigung der Annahme in %	100	33,3	40	26,6

Es ist sehr interessant, dass die Zahl der männlichen und weiblichen Knospen ungefähr gleich war. 1025 war die Samenmenge und die Zahl der gefallenen Samen grösser. Im III. Versuchsbezirk fanden wir auf 6 Quadratfuss 1.400 Stück Samen, d. h. 4.235.000 pro ha. Im I. Bezirk (Urwald, mittlerer Schluss) dürfte die Zahl etwas geringer gewesen sein.

c. Schlussgrad. Die folgende Tabelle zeigt die Zahl der Bäume im ersten Versuchsbezirk (64.800 Quadratfuss),

Tabelle Nr. 11. Zahl der Bäume mit verschiedenen Stärken und Höhen.

Baum- höhe m	Brusthöhen- stärke cm												Ges. Total
	10	13	17	20	23	26	30	33	27	40	43	46	
7	3(1)	1(1)											
8	2(1)												
9	15(2)	3(1)	(1)										
10	2(1)	11		1									
11	25	19(1)											
12	3	10	3	2									
13	8	30	9	1									
14	1	5	7	6									
15		9	21	9	1								
16		2	11	9	4								
17		1	11	17	5	4	1						
18			6	2	2	1							
19			2	5	18	4							
20				2	9	12	2	1					
21						2	1	2					
22						1	1	3	3	2		1	
Total	59 (5)	91 (3)	70 (1)	51	39	24	5	6	3	2		1	352 (9)

Bemerkungen:—1) Die Baumhöhe wurde mit Weises Höhenmesser gemessen. 2) Mit Klammern sind die Birken bezeichnet (alle andern sind Lärchen). 3) Baumzahlen pro ha: 575 dahurische Lärchen und 15 Birken.

Es ist sehr schwer mit einem Worte die Dichtigkeit des Kronenschlusses zu bestimmen. Für Ertragsbestimmung benutzt man in Japan die bestimmten Zahlen, die sich nach dem Dichtigkeitsgrade richten; wir teilen für unsere Zwecke den Kronenschluss in drei Arten oder Klassen ein: dichter, mittler und räumiger Schluss. Unter dichter Schluss versteht man, wenn sich die Kronen der Bäume berühren und das Durchdringen der Lichtstrahlen verhindern. Mittler Schluss sagt man, wenn die Kronen der Bäume sich nicht berühren jedoch der Zwischenraum für einen Baum mit normaler Krone zu klein ist. Räumig heisst, wenn die Waldbäume so stehen, dass zwischen ihnen ein oder mehrere Bäume mit normalen Kronen Platz finden können.

Im ersten Versuchsbezirk liessen wir $\frac{3}{5}$ der Fläche als mittleren Schluss stehen. In den übrigen $\frac{2}{5}$ wurde ein räumiger Schluss erzielt, indem man die Hälfte der vorhandenen Bäume durch Entrindung am Grunde zerstörte (d. h. die Summe der Brusthöhenstärkenflächen wurde auf die Hälfte reduziert).

Der II. Versuchsbezirk war, wie oben erwähnt, ein Kahlschlagplatz, während der III. Bezirk einen ähnlichen Schluss aufwies, wie die $\frac{2}{5}$ des I. Versuchsbezirkes.

d. Zustand der Bodendecke. Bei der Bodendecke unterscheiden wir einen obern und untern Teil. Im obern Teil finden sich zur Hauptsache lebendes Gras und Sträucher, – im ersten Versuchsbezirk waren es folgende Pflanzen:

Cornus canadensis L., *Convallaria majalis* L., *Calamagrostis sachalinensis* FR. SCHM., *Pteridium aquilinum* KUHN., *Solidago Virgaurea* L., *Angelica anomala* LALLEM., *Trientalis europaea* L. var. *eurasiatica* KUNTH., *Cladonia rangiferina* WEB., *Ledum palustre* L. var. *dilatatum* WAHL., *Vaccinium Vitisidaea* L., *Daphne kamschatica* MAXIM., *Ilex rugosa* FR. SCHM., *Rosa acicularis* LINDL. var. *Gmelin* C. K. SCHN., *Lonicera Glehni* FR. SCHM., *Juniperus rebunnensis* KUDO.

Diese Pflanzen fanden sich vereinzelt oder dicht beisammen. *Convallaria majalis* L., *Pteridium aquilinum* KUHN. und *Daphne kamschatica* MAXIM. haben die Tendenz in Lichtungen zu wachsen. Da der zweite Versuchsbezirk keine Bäume hatte, wuchsen dort Gras und Sträucher umso besser, besonders fanden sich *Calamagrostis* und *Vaccinium* in Komplexen. Im III. Bezirk wuchs *Ledum* besonders dicht.

Im untern Teil der Bodendecke fanden sich Wurzeln, animalische und botanische Reste, wie Nadeln, Aeste etc. Dieser Teil der Bodendecke ist an verschiedenen Plätzen verschieden dick; am stärksten ist er an nassen Plätzen. Am Tonnasee (etwa 33 km. vom Versuchswald entfernt) war diese Schicht 30 cm. dick, im allgemeinen aber ist die Stärke 10–15 cm. Die lufttrockene Bodendecke von 1 Quadratmeter Fläche aus dem ersten Versuchsbezirk wog 5.040 gr. Das entspricht einem Gewicht von 50.400 kg. lufttrockener Bodendecke pro ha.

3. Art und Methode der Versuche.

Da die jungen Lärchen auf der Bodendecke nicht gedeihen, versuchten wir verschiedene Arten der Bodenvorbereitung, sowohl im Urwald mittleren und räumigern Schlusses als auch auf dem Kahlschlagplatz. Weil Fichten und Tannen auch auf geringer Bodendecke vorkommen, machten wir entsprechende Versuche im Urwald mittleren und räumigern Schlusses. Wir hatten verschiedene Arten der Bodenvorbereitung: Man entfernte die Bodendecke flächenweise, fleckenweise (mit 6 oder 3 Fuss Abstand) und streifenweise (6 oder 3 Fuss Abstand),— eine andere Methode war das Verbrennen oder das Abschneiden von Gras und Sträuchern.

a. Art der Versuche. Folgende Tabelle enthält Angaben über die Art der Versuche, Platz, Parzelle, Methode, Art der Behandlung der Bodendecke, Holzarten, Fläche, Saatmenge und Waldzustand.

Tabelle Nr. 12.

Versuchs- Bezirk	Parzelle	Art der Behandlung	Holzart	Fläche	Saatmenge	Waldzustand
I	1a, 1b, 1c	Ganzfl.	L.	je 1.080 Q.F.	je 10.500	a, b, c.....Mittl.
I	1d, 1e	"	"	"	"	d, e Räum.
I	2a, 2b, 2c	Fl. 6 Fuss	"	"	pro Loch 20	a, b, c.....Mittl.
I	2d, 2e	" "	"	"	"	d, e Räum.
I	3a, 3b, 3c	Fl. 3 Fuss.	"	"	"	a, b, c.....Mittl.
I	3d, 3e	" "	"	"	"	d, e Räum.
I	4a, 4b, 4c	Str. 6 Fuss.	"	"	pro Str. 500	a, b, c.....Mittl.
I	4d, 4e	" "	"	"	"	d, e Räum.
I	5a, 5e	Verbrennung	"	je 36 Q.F.	je 1.000	a.....Mittl. e.....Räum.
I	5b, 5c, 5d	"	"	"	"	b, c.....Mittl. d Räum.
I	6-8	—	—	—	—	—
I	9a, 9b, 9c	Gr.Str.gesch.	"	je 1.080 Q.F.	je 10.500	a, b, c.....Mittl.
I	9d, 9e	" "	"	"	"	d, e Räum.
I	10a, 10b, 10c	" "	F.	"	"	a, b, c.....Mittl.
I	10d, 10e	" "	"	"	"	d, e Räum.
I	11a, 11b, 11c	Fl. 6 Fuss.	L.	"	pro Loch 20	a, b, c.....Mittl.
I	11d, 11e	" "	"	"	"	d, e Räum.
I	12a, 12b, 12c	Str. 6 Fuss.	"	"	pro Str. 500	a, b, c.....Mittl.
I	12d, 12e	" "	"	"	"	d, e Räum.
II	1	Verbrennung	"	2.700 Q.F.	15.000	Kahlschl.
II	2	Fl. 6 Fuss.	"	"	pro Loch 20	"

Versuchs-Bezirk	Parzelle	Art der Behandlung	Holzart	Fläche	Saatmenge	Waldzustand
II	1	Verbrennung	L.	36 Q.F.	1.000	Kahlschl.
II	2	Fl. 6 Fuss.	"	27.00 Q.F.	pro Loch 20	"
III	1	Verbrennung	"	18 Q.F.	600	Räum.
III	2	Fl. 6 Fuss.	"	72 Q.F.	2.400	"
III	3	Ganzfl.	"	36 Q.F.	1.200	"
III	4	Str. 6 Fuss.	"	"	1.200	"
III	5	Verbrennung	"	144 Q.F.	4.800	"

(Abkürzungen: L.=Dahurische Lärche, F.=Fichte, Q. F.=Quadratfuss, Mittl.=Mittlerer Schluss, Räum.=Räumiger Schluss, Ganzfl.=Aufnahme der ganzen Fläche, Fl. 6 Fuss.=Flecken mit 6 Fuss Abstand, Fl. 3 Fuss.=Flecken mit 3 Fuss Abstand, Str. 6 Fuss.=Streifen mit 6 Fuss Abstand, Gr. St. gesch.=Grass und Strauch geschnitten.)

Bemerkungen: 1) Die Parzellen des ersten Versuchsbezirktes hatten eine Fläche von 1.080 Quadratfuss (36 × 30 Fuss).

2) Die Parzellen des zweiten Versuchsbezirktes hatten eine Fläche von je 2.700 Quadratfuss (90 × 30 Fuss).

3) Die Parzellen des dritten Versuchsbezirktes waren verschieden gross, die erste hatte 18 Quadratfuss (6 × 3 Fuss), die II. 72 Quadratfuss (12 × 6 Fuss), die III. 36 Quadratfuss (6 × 6 Fuss), die IV. 36 Quadratfuss (6 × 6 Fuss), die V. 144 Quadratfuss (12 × 12 Fuss), die VI. 72 Quadratfuss (6 × 12 Fuss).

4) In der sechsten Parzelle des dritten Bezirktes wurde nicht gesät,– es wurden nur die natürlich abgefallenen Samen verwendet.

b. Methode der Versuche. Wir entfernten die Bodendecke gänzlich auf fünf Parzellen des ersten Versuchsbezirktes (a, b, c, d, e) mit einer Gesamtfläche von 5.400 Quadratfuss. Die Bodendecke wurde in Streifen weggenommen in 10 Parzellen des ersten (4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 12a, 12b, 12c, 12d, 12e) und einer Parzelle des dritten Versuchsbezirktes (4). Die Parzellen des ersten Versuchsbezirktes waren 26 × 30 Fuss gross. Auf diesen Flächen machten wir einen Fuss breite Streifen parallel zur kürzern Seite in 6 Fuss Abstand. So entstanden je sechs Streifen von 36 Fuss Länge. Es kam somit durchschnittlich ein solcher Streifen auf eine Fläche von 160 Quadratfuss. In der kleinen (36 Quadratfuss) Parzelle des dritten Versuchsbezirktes waren ebenfalls einen Fuss breite Streifen von 6 Fuss Länge. Die Bodendecke wurde auf 10 Parzellen des I. Versuchsbezirktes (2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 11a, 11b, 11c, 11d, 11e) in Flecken von einem Quadratfuss in sechs Fuss Abstand entfernt. So entstanden 30 Löcher auf 1.080 Quadratfuss, d. h. eines auf 36 Quadratfuss. Auch die dritte und vierte Parzelle des zweiten Versuchsbezirktes wurde so behandelt,– auf eine Parzelle von 2.700 Quadratfuss kamen 75 Löcher, d. h. eines auf 36 Quadratfuss. In fünf Parzellen des ersten Versuchsbezirktes (3a, 3b, 3c, 3d, 3e) wurden ebenfalls einen Quadratfuss grosse Löcher in Abständen von drei Fuss hergestellt, was 120 Löchern auf 1.080 Quadratfuss, d. h. einem auf 9 Quadrat-

fuss gleichkam.

Bei Bodenfeuer verbrennt immer ein Teil der Bodendecke und zwar geschieht es je nach der Jahreszeit verschieden schnell. Auch Grad und Dauer des Feuers sind verschieden. Es folgt nun eine Beschreibung der gemachten Versuche.

Im Jahre 1924 verbrannten wir die Bodendecke in zwei Parzellen des ersten Versuchsbezirkes (5a, 5e) und in einer Parzelle (2) des zweiten Versuchsbezirkes mit einer Gesamtfläche von 4.860 Quadratfuss. Da es andauernd regnete, war die Verbrennung schwer, wir sammelten die unten liegenden Aeste und nahmen Petrol zu Hülfe. Die Verbrennung dauerte ca. 30 Minuten.

Der nächste Versuch wurde im Jahre 1925 in sechs Parzellen (5b, 5c, 5d des I. und I, 2, & 5 des III. Versuchsbezirkes) vorgenommen.¹⁾ Am vorangehenden Tag waren in Sachalin mehrere Waldfeuer gewesen, aber gerade am Tag des Versuches regnete es so stark, dass es schwer war einen Brand zu erzielen, nur im II. Versuchsbezirk, wo *Vaccinum* wuchs, brannte es leichter.

Was den Grad der Verbrennung anbelangt, können wir feststellen, dass gewöhnlich nur der obere Teil der Bodendecke verbrannt wird, der untere manchmal teilweise zerstört, selten aber der Boden ganz blossgelegt wird. Beschaffenheit der Bodendecke, Windkraft und Grad der Trockenheit sind wichtige Faktoren für die Verbrennung. An Orten, wo Kahl- oder Femelartiger Schlag vorgenommen worden war, veränderte sich die Bodendecke stark in Schwarz oder Aschfarbe, besonders an Plätzen, wo viele Aeste aufgeschichtet lagen. Gewöhnlich werden die Stämme bis einige Meter über den Boden geschwärzt. Solche Bäume haben verminderte Lebenskraft, sterben aber nicht ab. Als wir 1925 den Platz besuchten, wo wir im Jahr vorher ein Bodenfeuer inszeniert hatten, konnten wir keinen abgestorbenen Baum feststellen. Es ist eine allgemeine Erscheinung, dass Lebewesen mit verminderter Lebenskraft grössere Samenmengen hervorbringen. Wir konnten aber diese Steigerung nicht genau durch Versuche feststellen.

Die Behandlung der Bodendecke durch Schneiden von Gräsern und Sträuchern ist so einfach, dass man nicht weiter darauf einzugehen braucht.

Bei Naturverjüngung muss man auf den Samenabfall der Samenjahre warten. Da aber 1924 kein solches war, säten wir selber mit eigener Hand und liessen die Saat ohne weitere Pflege wachsen. Die verwendeten Samen wurden mit vieler Mühe in Korea (1923 abgefallen) und in Nordsachalin

1) Auf der Forstversuchsstation Nopporo verbrannte man im Juni 1925 japanischen Lärchenwald (17 Jahre nach dem Pflanzen). Es war leicht, ein Bodenfeuer zu bekommen.

(1924 abgefallen) gesammelt.

Auf dem Platz, wo wir 1924 Versuche angestellt hatten, wählten wir als Probebestand einen Streifen aus dem Gebiet, wo die Bodendecke streifenweise entfernt worden war und benützten das Resultat als Durchschnittszahl. Dieser Probebestand war 36 Quadratfuss, d. h. $1/30$ des Gesamtareals von 1.080 Quadratfuss. Dort, wo die Bodendecke in Flecken von 6 Fuss Abstand entfernt worden war, kam ein Loch auf 36 Quadratfuss, wo der Abstand der Löcher 3 Fuss betrug, kamen aber 4 Löcher auf die gleiche Fläche. Wo wir 1925 Versuche angestellt hatten, nahmen wir die ganze Fläche als Probebestand, weil sie verhältnismässig klein war.

4. Resultate der Versuche.

Wir stellten am 18. Juni 1925 und am 7. November gleichen Jahres die Resultate der Versuche fest, die wir 1924 unternommen und am zweitgenannten Tag auch diejenigen der 1925 begonnenen Experimente. Die folgende Tabelle zeigt die Resultate.

A. Die Resultate der Versuche, welche 1924 unternommen wurden.

Tabelle Nr. 13.

Ort der Probefläche	Grösse der Probefläche Qu.-Fuss.	Zahl der Keimlinge	
		18. Juni 1925	7. Nov. 1925
I 1a	72	17	8
I 1b	72	20	4
I 1c	72	27	5
I 1d	72	5	3
I 1e	72	12	1
I 2a	72	1	0
I 2b	72	0	0
I 2c	72	1	0
I 2d	72	1	0
I 2e	72	0	0
I 3a	72	3	1
I 3b	72	5	0
I 3c	72	1	0
I 3d	72	0	0
I 3e	72	0	0
I 4a	180	19	11
I 4b	180	4	5

Ort der Probefläche	Grösse der Probefläche Qu.-Fuss.	Zahl der Keimlinge	
		18. Juni 1925	7. Nov. 1925
I 4c	180	3	0
I 4d	180	3	1
I 4e	180	2	0
I 5a	72	62	37
I 5e	72	12	6
I 168	Versuche nicht ausgeführt.		
I 9a	72	0	0
I 9b-e	je 72	0	0
I 10a-e	je 72	0	0
I 11a	72	2	1
I 11b	72	2	1
I 11c	72	2	1
I 11d	72	1	1
I 11e	72	1	1
I 12a	180	37	27
I 12b	180	34	22
I 12c	180	39	14
I 12d	180	17	18
I 12e	180	31	15

In den Probeflächen des II. Versuchsbezirkes fanden sich gar keine Keimlinge.

An denjenigen Versuchsplätzen, wo die Bodendecke flächenweise entfernt, verbrannt oder durch Schneiden von Gras und Sträuchern reduziert worden war, betrug die Zahl der verwendeten Samen 10.500 pro Parzelle. Wo die Bodendecke in Flecken von 6 Fuss Abstand abgehoben worden war, kamen 20 Samen in ein Loch oder 600 auf die Parzelle. Wo die Flecken im Abstand von 3 Fuss lagen, kamen dementsprechend 2.400 Samen auf eine Parzelle. Wo die Bodendecke streifenweise entfernt wurde, kamen 500 Samen auf einen Streifen, was bei 6 Streifen pro Parzelle einem Verbrauch von 3.000 Samen für die genannte Fläche entspricht. Es sind also pro Parzelle ungleiche Saatmengen verwendet worden. Um aber doch ein brauchbares Resultat zu bekommen, berechnen wir in der folgenden Tabelle den Ertrag, wie wenn in jeder Parzelle 10.500 Samen verwendet worden wären.

Tabelle Nr. 14. Zahl der Keimungen auf 10.500 Samen.

Datum	Holzart	Schlussgrad	Bei Entfernung der Bodendecke				Verbrennung der Bodendecke	Gras und Sträucher abgeschnitten
			in Flächen	in Flecken v. 6 Fuss Abstand	in Flecken v. 3 Fuss Abstand	in Streifen		
18. Jun. 1925	dah. Lärche	Mittlerer S.	320	175	219	182	930	o
		Räumiger S.	128	140	o	53	90	o
		Kahlschlagp.	o	o	o	o	o	o
do. 7. Nov. 1925		Mittlerer S.	85	88	198	112	555	o
		Räumiger S.	30	o	o	11	45	o
		Kahlschlagp.	o	o	o	o	o	o
18. Jun. 1925	Fichte	Mittlerer S.	—	438	—	840	—	o
		Räumiger S.	—	263	—	504	—	o
		Mittlerer S.	—	263	—	144	—	o
do. 7. Nov. 1925		Räumiger S.	—	263	—	347	—	o

Der zweite Versuchsbezirk (Kahlschlagplatz) fällt für die Vergleichung ausser Betracht, da die Versuche keine Keimlinge hervorbrachten.

Im Folgenden sind die Resultate der Versuche im Bezug auf Art der Bodenvorbereitung klassifiziert. I steht für den geringsten Erfolg.

Im mittleren Schluss

- Bei Verbrennung der Bodendecke I
- Bei Entfernung der Bodendecke in Flächen II
- do. in Flecken mit 3 Fuss Abstand III
- do. in Streifen IV
- do. in Flecken mit 6 Fuss Abstand V
- wo Gras und Sträucher abgeschnitten wurden VI

Im räumigen Schluss

- Bei Entfernung der Bodendecke in Flecken von 6 Fuss Abstand I
- do. in ganzen Flächen II
- Verbrennung der Bodendecke III
- Bei Entfernung der Bodendecke in Streifen IV
- do. in Flecken mit 3 Fuss Abstand V
- wo Gras und Sträucher abgeschnitten wurden IV

Mit Rücksicht auf den Schlussgrad sind die Resultate am besten im mittleren Schluss, dann im räumigen Schluss und am ungünstigsten im Kahlschlagplatz.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass bei der dahurischen Lärche Bodenfeuer die beste Art der Bodenvorbereitung ist, die nächstbeste ist Entfernung der Bodendecke, während blosses Schneiden von Gras und Sträuchern zu keinem Erfolg führt. Das Resultat bei Entfernung der Bodendecke ist verschieden, je nach dem Schlussgrad. Uns interessiert aber speziell das Resultat im Urwald (mittl. Schluss) als das wichtigste für die Verjüngung. Die meisten Keimlinge kommen dort bei Entfernung der Bodendecke in Flecken mit 2 Fuss Abstand, dann bei Entfernung in Streifen und noch weniger bei Entfernung in ganzen Flächen. Für Fichte ist die Entfernung der Bodendecke in Streifen besser als diejenige in Flecken von 6 Fuss Abstand. Für Fichte im Urwald zeigte sich mittlerer Schluss besser als räumiger.

B. Die Resultate der Versuche, welche 1925 unternommen wurden.

Die folgende Tabelle gibt die Zahl der vorgefundenen Keimlinge, die am 7. November 1925 festgestellt wurden.

Tabelle Nr. 15.

Parzelle	Zahl	Fläche
I 5b	274	72 Qu.-Fuss.
I 5c	197	72
I 5d	132	72
II 1	0	72
II 2	0	72
III 1	31	18
III 12	38	72
III 3	13	36
III 4	5	36
III 5	37	144
III 6	—	72

Wenn wir die Zahlen der Keimlinge auf 1.080 Quadratfuss (d.i. die Fläche der Parzellen des ersten Versuchsbezirkes) berechnen, erhalten wir folgende Beträge.

Tabelle Nr. 16.

Parzelle.	Schlussgrad.	Entfernung der Bodendecke			Verbrennung
		in Flächen	in Flecken	in Streifen	
I b, c	mittl.	o	o	o	3.533
I id	räum.	o	o	o	1.980
II 1	Kahlschl. Platz	o	o	o	o
II 2	do.	o	o	o	o
III 1, 2, 3	räum.	o	o	o	489
III 3	do.	390	o	o	o
III 4	do.	o	o	150	o

Um eine bessere Uebersicht zu erhalten, haben wir in der folgenden Tabelle die Zahlen der Keimlinge auf 10.500 Samen in 1.080 Quadratfuss berechnet.

Tabelle Nr. 17.

Parzelle	Schlussgrad	Entfernung der Bodendecke			Verbrennung
		in Flächen	in Flecken	in Streifen	
I b, c	mittl.	o	o	o	1.237
I id	räum.	o	o	o	646
II 1	Kahlschl. Platz	o	o	o	o
II 2	do.	o	o	o	571
III 1, 2, 5	räum.	o	o	o	o
III 3	do.	455	o	o	o
III 4	do.	o	o	175	o

Zusammenfassend können wir sagen, für die Verjüngung der dahurischen Lärche ist, die Verbrennung der Bodendecke am besten, am nächst-

besten die Entfernung der Bodendecke, während das Schneiden von Gras und Sträuchern keine Erfolge erzielt.

Wieder finden wir, dass im mittleren Schluss die Keimlinge am besten da gedeihen, wo man die Bodendecke in Flecken von 3 Fuss Abstand entfernt hat, am nächstbesten, da wo dies in Streifen geschah und weniger gut bei der Entfernung in ganzen Flächen. Auch hier zeigt sich, dass die Lärche am besten im mittlern Schluss, weniger gut im räumigen Schluss und am schlechtesten auf dem Kahlschlagsplatz gedeiht.

Die Fichte gedeiht da, wo die Bodendecke streifenweise entfernt ist, besser als wo es fleckenweise geschah. Ohne Rücksicht auf die Art der Bodenvorbereitung kommt aber die Fichte in mittlerem Schluss besser vor als in räumigem.

VI. Einfluss der Verbrennung der Bodendecke auf die Verjuengung der Dahurischen Laerche.

Wir haben im vierten Teil gezeigt, dass die Bodendecke für die Keimung der Lärche schädlich sei, und dass sich deshalb im Naturwald kein Nachwuchs auf der Bodendecke einstelle. Wenn aber durch Waldbrand die Bodendecke teilweise verkohlt, kommen, wie auch auf dem nackten Boden junge Lärchen nach, wie dies gewöhnlich an Wegrändern der Fall ist. Darum ist es für die Verjüngung der Lärche notwendig, die Eigenschaften eines kleinen oder grössern Teiles der Bodendecke zu verändern oder sie auch ganz zu entfernen. Wenn wir die Bodendecke mechanisch entfernen, erfolgt selbstverständlich nur eine physikalische aber keine chemische Veränderung des Platzes. Wenn wir aber die Bodendecke verbrennen, kommt zur physikalischen Veränderung eine chemische¹⁾; durch die Hitze des Brandes wird auch der Boden in ähnlicher Weise verändert. In diesem Teil erklären wir die physikalischen und chemischen Veränderungen des Bodens und der Bodendecke bei Verbrennung der Bodendecke auf Grund unserer Experimente über die Keimung und das Wachstum der jungen Pflanzen im chemischen Laboratorium und in der Versuchsbauerschule (Topfexperimente) der landwirtschaftlichen Abteilung der kaiserlichen Hokkaido Universität in Sapporo. Von der mikrobiologischen Veränderung des Waldbodens beim Brand sind verschiedene Behauptungen aufgestellt worden. Meine Untersuchung erstreckt sich aber nicht darauf, sondern soll dieses Thema bei einer anderen Gelegenheit berührt werden.

1) Die Literatur über diesen Punkt wird weiter unten vermerkt werden.

I. Chemische Veränderungen.

Wir hielten unsere Experimente für den Boden und die Bodendecke getrennt und beschränkten sie bei der Bodendecke auf Untersuchung der Masse der anorganischen Substanz, welche direkten Einfluss auf die Pflanzenernährung hat, und bei dem Boden auf die Löslichkeit der Bestandteile des Bodens.

a. **Bodendecke.** Die Bodendecke umfasst Nadeln, Gras, Sträucher, deren Wurzeln, Aeste, botanische und animalische Reste, Rohhumus und Humus, entstanden aus vorgenannten Substanzen. Ueber den Einfluss des Humus auf die Physiologie der Pflanzen schrieb BÜHLER¹⁾, dass eine günstige Entwicklung entstehe, wenn man die Samen mit 1–2 cm Humus bedecke. Der Humus im Walde ist aber gewöhnlich 1–10 cm tief. So sehen wir, dass der Humus der Bodendecke vorteilhaften Einfluss auf die Ernährung und Verjüngung der Pflanzen ausübt, aber dass andere nicht zu Humus veränderte Teile der Bodendecke ihre feste Form behalten haben; es ist schwer die in dieser festen Materie gehaltene Nahrung von den Wurzeln der Pflanzen direkt für die Ernährung zu absorbieren. Es braucht einige Jahre um die Nadeln und Aeste zu Humus zu verändern weil in diesem Zustande die Bestandteile, die zur Ernährung erforderlich sind, von der Wurzel der Pflanze nicht absorbiert werden können. In dieser Zeit ist die Bodendecke für die Keimung so wie für die Ernährung der Pflanzen ungünstig. Wenn wir aber die Bodendecke verbrennen, so wird dadurch das Ernährungsmaterial in anorganischen Formen vermehrt, und die vergrößerte Löslichkeit übt einen günstigen Einfluss auf das Pflanzenwachstum aus. Die folgende Analyse zeigt, wieviel anorganisches Material die feste Bodendecke enthält.

Material: Bodendecke mit Ausnahme des Humus aus dem Versuchswald in Sachalin.

Gewicht des verwendeten Materials	100 gr	
Rohasche	9,2528 gr	
do	9,2528 %	
Gewicht der für die Analyse verwendeten Rohasche	3 gr	
	Gewicht gr	% vom Gewicht der Rohasche
Kohlenpulver	0,1729	5,7633
Erde	1,5920	53,0000
Kohlensäure	0,0321	1,0700
Reine Asche	1,2030	40,1000

1) BÜHLER:—Der Waldbau, I. Band, S. 304.

	% vom Gewicht der reinen Asche.
SiO ₂	42,2526
Fe ₂ O ₃	3,9484
CaO	23,5999
MgO	9,3932
K ₂ O	2,0367
Na ₂ O	5,3200
P ₂ O ₅	9,9439
SO ₃	3,5229
Cl	0,2943

Wir zeigten im vierten Teil, dass im Versuchswald in Sachalin ein ha. lufttrockene Bodendecke 50.400 kg wiegt. So ergeben sich kurz nach der Verbrennung auf Grund unserer Analyse pro ha folgende Gewichte an mineralischen Materialien, die zur Erde hinzukommen und die Fruchtbarkeit vermehren.

SiO ₂	805 kg.
Fe ₂ O ₃	74 kg.
CaO	441 kg.
MgO	176 kg.
K ₂ O	38 kg.
Na ₂ O	99 kg.
P ₂ O ₅	186 kg.
SO ₃	66 kg.

b. Boden. Seit FRANK¹⁾ 1888 zeigte, dass Hitze die löslichen Mineralien und organische Materie vermehre, wie auch die Fruchtbarkeit des Bodens günstig beeinflusse, hat eine Anzahl von Forschern die Frage des Einflusses der Hitze auf die Löslichkeit der Bestandteile des Bodens, speziell der Phosphorsäure eingehend studiert, indem verschiedene Lösungsmittel angewendet wurden. M. NAGAOKA²⁾ erhitzte Boden während 15 Minuten, um den Humus zu entfernen und fand eine Vermehrung der Löslichkeit der Phosphorsäure, die nach seiner Ansicht auf die Zerstörung von organischer Materie, mit der Phosphorsäure verbunden war, zurückgeführt werden musste. Er benützte als Lösungsmittel Salzsäure von einem spez. Gew. 1,15, destilliertes Wasser und verschiedene schwächere organische Säuren. STEWART³⁾ unterstützte die Methode von SCHMÖGER, indem er die Vermehrung der Löslichkeit in 12 %iger Salzsäure nach der Er-

1) FRANK, Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch. VI, LXXXVII-XCVIII (1888).

2) NAGAOKA, Bullet. Coll. Agr. Tokio Imp. Univ. 6, No. 3, p. 263 (1904).

3) STEWART, Illinois Agr. Expt. Station, Bulletin 145.

hitzung als ein Zeichen von mit organischer Materie verbundener Phosphorsäure ansah. Als FRAPS¹⁾ eine Vermehrung der Löslichkeit der Phosphorsäure bei Erhitzung feststellte, schrieb er diese Vermehrung nicht allein dem organischen Phosphor zu, er glaubte auch, dass ein Teil der anorganischen Phosphorsäure in dem Boden durch die Erhitzung leichter löslich werde. Dadurch wurde die Methode der Erhitzung unzweckmässig für die Bestimmung von organischen Phosphorverbindungen. Andererseits fand LIPMAN²⁾, als er verschiedene kalifornische Bodenarten untersuchte, dass Erhitzung die Löslichkeit der Phosphorsäure in starker Salpetersäure vermindere. PETERSON³⁾ fand, dass die Löslichkeit mit der Erhöhung der Temperatur von 130 auf 200° sich stark steigere, dass aber die Löslichkeit von Mineralphosphaten durch Erhitzung auf weniger als 20° nicht gesteigert werde. So zeigt das Resultat dieser Untersuchungen in den meisten Fällen eine Vermehrung der Löslichkeit von Phosphorsäure parallel zur steigenden Temperatur, auf welche die Bodenarten erhitzt werden.

Wertvolle Arbeiten über die Löslichkeit der Mineralbestandteile des Bodens finden sich in den Publikationen des Bureau of Soils, U. S. Department of Agriculture sowie der Hawaiian Agriculture Experiment Station. Die ersteren beschränken sich hauptsächlich auf die Benützung von Wasser als Lösungsmittel, während die letzteren destilliertes Wasser mit $\frac{1}{3}$ normaler Salpetersäure als solches verwenden. In einem Bulletin des Bureau of Soils gibt KING⁴⁾ vergleichende Resultate seiner Arbeiten an frischem und im Ofen gedörrtem Boden, die bei der Erhitzung auf 110° überraschend sind. Im Allgemeinen wurden in den ausgetrockneten Bodenmustern mehr Nitrate, Phosphorsäure, Sulfate, Bikarbonate und Kieselsäure gefunden, als im frischen Boden, während im Bezug auf das Vorhandensein von Chlor die Sache gerade umgekehrt war. Es finden sich keine Angaben über die basischen Bestandteile, aber King gibt bekannt, dass er bei seinen späteren Untersuchungen eine Vermehrung von Kali, Kalk und Magnesia im ausgetrockneten Boden fand. Er gibt verschiedene Möglichkeiten als die Ursache dieser Vermehrung an, sowohl solche physikalischer wie chemischer Natur, aber aus seinen Argumenten geht hervor, dass sie ihm eher physikalischer Natur zu sein scheint. KELLEY und MC. GEORGE⁵⁾ untersuchten auf der Hawaiian Experimental Station die Wirkung der Erhitzung auf 100° und auf 250° und der Verbrennung, im Bezug auf die Löslichkeit aller

1) FRAPS, Texas Agr. Exp. Sta. Bulletin Nr. 136.

2) LIPMAN, Journal of Ind. & Eng. Chemistry, 4, Nr. 9, P. 663 (1912).

3) PETERSON, Wisconsin Agr. Exp. Sta. Research Bulletin Nr. 19.

4) KING, U. S. Dept. of Agr. Bureau of Soils, Bulletin 26, p. 55.

5) KELLEY & MC. GEORGE, Hawaii Agr. Exp. Sta. Bulletin No. 30 (1913).

mineralischen Bestandteile mit Ausnahme von Natron. Zwölf Bodensorten, die ein grosses Gebiet mit verschiedenen Typen und landwirtschaftlichen Bedingungen vertraten, wurden mit Wasser und $\frac{1}{2}$ normaler Salpetersäure behandelt. Der Einfluss auf den Stickstoffgehalt wurde auch untersucht. Das Resultat zeigte deutlich, dass das Trocknen bei 100° gewöhnlich eine Vermehrung von in Wasser löslichem Mangan, Kalk, Magnesia, Phosphorsäure, Sulfaten und Bikarbonaten zur Folge hat. Bei dieser Temperatur wurde eine Vermehrung der Löslichkeit von Kali, Kieselsäure und Tonerde in etwa 50 % der Bodensorten festgestellt; in einigen Fällen aber wurde eine Verminderung der Löslichkeit der genannten Elemente beobachtet. Die Löslichkeit des Eisens verminderte sich in den meisten Fällen. Die Wirkungen, die bei Erhitzung auf 250° und bis zur Verbrennung erzielt wurden, waren in Bezug auf die Löslichkeit in Wasser ähnlich denen bei der Erhitzung auf 100°, aber im Grad oft etwas verschieden; sie waren manchmal mehr, manchmal weniger intensiv als die, bei der Erhitzung auf 100°, eingetretenen. Die Löslichkeit in $\frac{1}{2}$ normaler Salpetersäure war bei der Erhitzung auf 100° nicht wesentlich verändert worden, aber bei der Erhitzung auf 200° zeigte sich in einigen Fällen beträchtliche Vermehrung der Löslichkeit von Tonerde, Mangan, Kali und Phosphorsäure; gleichzeitig trat eine Verminderung der Löslichkeit von Kalk und Magnesia ein. Bei Verbrennung wuchs auch die Löslichkeit von Kieselsäure, Tonerde, Kali, Phosphorsäure und Sulfaten, während sich bei Kalk und Magnesia eine entsprechende Abnahme einstellte. Nitrate werden durch die Hitze zerlegt; man fand eine Verminderung der Nitrate bei Erhitzung auf 150°, während die Nitrate bei 200° oder 250° praktisch zerstört wurden. Eine der wichtigsten Erscheinungen bei der Erhitzung des Bodens ist die Entstehung von Ammoniak. Bei einer Temperatur von 200° wird er in besonders grossen Mengen erzeugt. Boden, der Hitze von brennendem Unkraut und Sträuchern unterworfen war, erfuhr nach der Erhitzung eine besonders starke Ammonifikation. Die Nitrifikation war dagegen nach Verlauf von 2 Monaten (nach der Erhitzung) noch nicht durchgeführt. Erhitzung auf 200° verursachte den Verlust von ungefähr 25 % des Gesamtstickstoffgehaltes. Verlust von Stickstoff und Bildung von Ammoniak durch die Erhitzung geht hauptsächlich auf Kosten der Monoaminosäure-Gruppe, während die Amido- und die Diaminosäure-Gruppe weniger grosse Verluste erleiden. Die Einwirkung von Hitze auf Bodenstickstoff ist aber nicht nur von KELLY und MC. GEORGE, sondern auch noch von andern Forschern untersucht worden. DARBISHIRE und RUSSELL¹⁾ fanden, dass Pflanzen von Boden, der auf eine Temperatur

1) DARBISHIRE & RUSSELL, Journ. Agr. Science, 2, p. 305 (1907).

von 95° und 120° erhitzt worden war, mehr Stickstoff ziehen, als aus unerhitztem Boden. Sie schlossen daraus, dass die Erhitzung eine Veränderung der organischen Materie nach sich ziehe und ausserdem eine Modifikation der Bakterienflora bewirke. PICKERING¹⁾ fand, dass die teilweise Sterilisierung eine Vermehrung der Löslichkeit des organischen Stoffes mit sich bringe. Ebenso wurde durch die Erhitzung eine Steigerung des im Wasser löslichen Stickstoffes und vermehrte Absorption des Stickstoffes durch die Pflanzen bewirkt. LYON und BIZZELL²⁾ beobachteten, dass Dampfhitze von 2 Atmosphären-Druck den Ammoniakgehalt stark vergrösserte und ebenso eine Vermehrung in der wasserlöslichen anorganischen Materie brachte. Die Nitrate wurden unter diesem Druck und in dieser Temperatur weitgehend zerlegt. RUSSELL & HUTCHINSON³⁾ haben gezeigt, dass bei der Erhitzung einiger Rothamsted Bodensorten auf 98° in drei Stunden eine geringe Vermehrung des Ammoniakgehaltes eintrat. Der bemerkenswerteste Erfolg bei dieser teilweisen Sterilisierung war aber der Verlauf der eingetretenen Ammonifizierung. Ammoniak begann sich nach Verlauf von wenigen Tagen zu bilden, gefolgt von einer späteren, bedeutenden Produktion. Gleichzeitig vermehrte sich die Zahl der Mikroorganismen. Erhitzung auf 125° erzeugte ebenfalls eine anfängliche geringe Produktion von Ammoniak, aber keine dauernde Ammonifizierung setzte ein. Die Nitrate wurden wenig in Mitleidenschaft gezogen; die Nitrifizierung war durch diese Behandlung ganz gehemmt. LODGE & SMITH⁴⁾ stellten fest, dass das Auskochen des Bodens nach Dampfsterilisierung mit 15 Pfund Druck den Ammoniakgehalt vergrössere, dass aber bei Sterilisierung der untern Bodenschichten eine Verminderung des Ammoniakgehaltes eintritt. LATHROP und BROWN⁵⁾ zeigten, dass der totale im Wasser lösliche Stickstoff und der Ammoniakgehalt mit dem Anwachsen des Druckes, unter dem erhitzt wurde, sich vermehrte. Bei 10 Atmosphären-Druck waren ungefähr 40 % des Stickstoffes im Wasser löslich geworden, während der dabei abgetrennte Ammoniak 7,83–15,64 % ausmachte. Wie oben gezeigt wurde, ist es klar, dass mässige Temperatur eine Vermehrung der Löslichkeit nicht nur der mineralischen Bestandteile des Bodens sondern auch eine Vermehrung des Stickstoffes der organischen Materie des Bodens herbeiführt. Die Wirkung mässiger Bodenerhitzung wird daher als eine Vermehrung der Produktivität des Bodens anzusehen sein.

1) PICKERING, Journal of the Agr. Science, 2, p. 411 (1908).

2) LYON & BIZZELL. New York Cornell Station Bulletin, 275 (1910).

3) RUSSELL & HUTCHINSON, Journ. Agr. Science, 3, pp. 111–144 (1909).

4) LODGE & SMITH, Massachusetts' Exp. Station Report, Part I, pp. 126–134 (1911).

5) LATHROP & BROWN, Journ. Industr. & Engin. Chemistry, 3, p. 657 (1911).

Der Schreiber dieser Zeilen hat die Veränderung der Löslichkeit von Phosphorsäure und Kali durch $\frac{1}{5}$ normale Salpetersäure und die Veränderung der wasserlöslichen Bestandteile mit Wasser als Lösungsmittel untersucht. Ferner wurde der Ammoniakstickstoffgehalt festgestellt. Der Boden wurde während 30 Minuten auf ca 50°, resp. 100°, resp. 200°, resp. 300°, resp. 400° erhitzt. Für die Erhitzung habe ich eine besonders eingerichtete Eisenkiste benutzt. Zwischen den Seitenwänden und der Decke waren Asbestplatten eingefügt. An den Seitenwänden wurden drei in gleichen Abständen befindliche Leisten angebracht; darauf wurden 6 cm tief mit Erde gefüllte Platten eingeschoben. Die obere Platte wurde zur Erzielung einer Temperatur von 50° und 100° benutzt die Mittlere für 200° und die Unterste für 300°, während der Boden für eine Erhitzung von 400° diente. Damit man eine gleichmässige Bodentemperatur bekam wurde die Erde öfters umgerührt. Zur Erhitzung brauchte man mehrere Gasflammen, und konnte so eine regulierbare Wärme herstellen. Nach dem Erhitzen liess man den Boden durch ein 0,5 mm-Sieb gehen, und brachte ihn dann wieder in lufttrockenen Zustand, worauf dann der Wassergehalt gemessen wurde. Durch die Erhitzung unter 200° verdunstet das im Boden befindliche Wasser, dagegen werden die organischen Substanzen nicht in Mitleidenschaft gezogen; bei 300° und 400° verdunstet mehr Wasser, und nur teilweise verbrennen organische Substanzen; deshalb ist die Vermehrung der Bodenernährung fast unbemerkbar. Der Wassergehalt in Gewichtsprozent der verschiedenen erhitzten Böden ist folgenderweise:

Unerhitzter Boden	5,98
50°	5,35
100°	4,54
200°	3,84
300°	3,29
400°	2,63

Die folgende Tabelle zeigt die Mengen von Phosphorsäure und Kali an, welche bei dem Versuche mit einer Behandlung von $\frac{1}{5}$ normaler Salpetersäure erzielt wurden¹⁾.

1) Für 150 gr. original lufttrockenen Boden braucht man 1500 gr $\frac{1}{5}$ normaler Salpetersäure und analysiert damit die verschieden erhitzten Böden; man verfährt dabei in folgender Weise: $\frac{1}{5}$ normale Salpeterlösung wird eingespritzt, daraufhin 30 Minuten lang der Boden geschüttelt, man lässt ihn dann 3 Minuten ruhen und analysiert in gewöhnlicher Weise.

Tabelle Nr. 18. Phosphorsäure und Kali in % des feinen, lufttrockenen Originalbodens.

	Unerhitzter Boden	50°	100°	200°	300°	400°
P ₂ O ₅	0,027	0,0028	0,0037	0,0082	0,0031	0,0018
K ₂ O	0,0250	0,0415	0,0515	0,0545	0,0550	0,0880
Verhältniszahlen:						
P ₂ O ₅	100	102	137	303	115	67
K ₂ O	100	166	206	218	220	352

Bei Kali vermehrt sich die Löslichkeit langsam mit steigender Temperatur innerhalb der Temperaturgrenzen von 50° bis 400°, dagegen nimmt die Phosphorsäure nur bis 200° an Löslichkeit zu, nimmt aber in der folgenden von uns im Experimente benutzten höheren Temperatur (300°) wieder stark ab, um schliesslich bei einer Temperatur-Erhöhung auf 400° geringer als bei nicht erhitztem Boden zu werden.

Die folgende Tabelle gibt die Resultate von LIPMAN's Versuchen wieder.:

Boden Nr.	I	II	III	IV	V
Erhitzt	0,410	0,150	0,090	0,167	0,151
Nicht erhitzt	0,460	0,250	0,130	0,191	0,190

Diese Angaben über die Löslichkeit der Phosphorsäure ergeben eine Verminderung für den verbrannten Boden. LIPMAN's Methode ist aber nicht Erwärmung sondern Verbrennung; es handelt sich also ausnahmslos um sehr hohe Temperaturen, so mussten sich natürlich die Bestände vermindern. Die folgende Tabelle von PETERSEN dagegen zeigt, dass dieser Forscher zu gleichen Resultaten wie der Schreibende gelangte. Bei ihm handelte es sich nicht um Verbrennung, sondern um Erwärmung auf verschieden hohe Temperaturen. Wir können sehen, dass die Erhitzung auf 200° die Löslichkeit vermehrt, höhere Temperaturen aber sie vermindern.

Temperatur	P ₂ O ₅ löslich in N/5 HNO ₃ % des Bodens
Nicht erhitzt	0,0028
50°	0,0032
100°	0,0038
130°	0,0073
160°	0,0178
200°	0,0550
240°	0,0440

Anstatt wie in den ersten Versuchen wurde nur der Boden mit Wasser behandelt. Wir benützten Bodenmengen, die je 1000 gr nicht erhitztem Boden entsprachen¹⁾. Darauf wurden 5.000 cm reines Wasser gegossen, dann wurden die Bodenmengen drei Minuten lang geschüttelt. Man liess darauf das Material 20 Minuten lang stehen; hierauf wurde filtriert. Die aus dem Boden entzogenen Bestandteile konnten dann durch Analyse nach allgemeiner Methode festgestellt werden.

Tabelle Nr. 19.

Mengen der wasserlöslichen Bestandteile in % der lufttrockenen original feinen Erde.

	Nicht erhitzt	50°	100°	200°	300°	400°
SiO ₂	0,0004	0,0011	0,0024	0,0032	0,0048	0,0036
Al ₂ O ₃	0,0000	0,00002	0,0002	0,0012	0,0013	0,0011
Fe ₂ O ₃	0,00006	0,0002	0,0004	0,0005	0,0006	0,0006
MnO	0,0016	0,0014	0,0018	0,0023	0,0022	0,0018

1) Die Bodenmenge des erhitzten Bodens beträgt für 1000 gr original Boden folgenderweise.

Unerhitzter Boden	1000,0000 gr
50°	993,3499
100°	984,9151
200°	978,2541
300°	972,1849
400°	965,5952

	Nicht erhitzt	50°	100°	200°	300°	400°
CaO	0,0014	0,0028	0,0030	0,0081	0,0086	0,0057
MgO	0,0018	0,0018	0,0020	0,0036	0,0042	0,0037
P ₂ O ₅	Spuren	0,00002	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001
SO ₃	0,0005	0,0014	0,0014	0,0039	0,0104	0,0106
K ₂ O	0,0013	0,0018	0,0023	0,0057	0,0080	0,0118
Na ₂ O	0,0008	0,0011	0,0016	0,0017	0,0023	0,0028
Verhältniszahlen :						
SiO ₂	100	275	600	600	1,200	900
Al ₂ O ₃	0	100	1.000	6.000	6,500	5,500
FeO ₃	100	333	667	833	1.000	1.000
MnO	100	88	113	144	138	113
CaO	100	200	214	578	614	407
MgO	100	100	111	200	233	206
P ₂ O ₅	0	100	500	1.000	500	500
SO ₃	100	280	280	780	208	212
K ₂ O	100	138	177	438	615	908
Na ₂ O	100	143	200	213	288	350

Kieselsäure, Tonerde, Eisenoxyd, Kalk und Magnesia vermehren sich also mit der wachsenden Temperatur bis zu 300° langsam in ihrer Löslichkeit. Manganoxyd, Phosphorsäure und Schwefelsäure erreichen ihre höchste Löslichkeit bei Erhitzung auf 200°; bei noch höheren Temperaturen vermindert sich die Löslichkeit wieder. Bei der Alkalimetallgruppe werden Kali und Natron in ihrer Löslichkeit mit wachsender Temperatur erhöht. Im Allgemeinen vermehrt sich also die Löslichkeit bei der Erhöhung der Temperaturen bis auf 200° oder 300°; erhitzt man aber noch stärker, so vermindert sich die Löslichkeit wieder, ist aber doch immer noch grösser als bei unerhitztem Boden. Die Erhitzung des Bodens auf etwa 200° dürfte daher als am geeignetsten anzusehen sein, um die Löslichkeit zu steigern.

Es ist klar, dass bei Erhitzung sich auch die Löslichkeit der organischen Substanz des Bodens, und die Menge des Ammoniakstickstoffes vermehrt. Es ist nicht schwer zu behaupten, dass bei humusreichem Waldboden diese Tendenz sehr gross ist. Der Verfasser hat nach der Destillationsmethode mit Magnesiumoxyd am erhitzten Boden Versuche angestellt. Die folgende Tabelle gibt deren Resultate wieder.

Tabelle Nr. 20.

Temperatur	NH ₃ in % der luftgetrockneten original feinen Erde
Nicht erhitzt	0,0184
50°	0,0334
100°	0,0486
200°	0,0639
300°	0,0942
400°	0,1093
Verhältniszahlen:	
Nicht erhitzt	100
50°	182
100°	264
200°	347
300°	512
400°	594

Durch Hitze vermehrt sich Ammoniakstoff sehr deutlich je höher die Temperatur wird. Dieses Resultat stimmt mit denen anderer Autoren überein.

2. Physikalische Veränderungen.

Der direkte Einfluss, den die Bodendecke bei der Verjüngung ausübt, macht sich hauptsächlich bei der Keimung geltend. Für die Keimung sind in erster Linie mässige Temperatur, Feuchtigkeit und Luft nötig. Um die Wirkung dieser Faktoren bei den Pflanzen zu bestimmen, haben wir einige Untersuchungen über Bodendecke, ihre Verkohlung sowie den Boden und über seine Erhitzung gemacht.

a. Bodendecke. Die folgende Tabelle zeigt die physikalischen Eigenschaften der Bodendecke und verkohlten Bodendecke¹⁾.

1) Die lufttrockene Bodendecke wird auf eine eiserne Platte gelegt, dann wird dieselbe mittels Holzkohle stark erhitzt, so dass die Platte glühende wird, während dessen man fortwährend die Bodendecke umrührt, so dass die Bodendecke nicht eingäschert wird, wohl aber schwarz verkohlt.

Tabelle Nr. 21.

(1) Versuchsmasse in lockerem Zustand.

	Bodendecke	Verkohlte Bodendecke
Spez. Gewicht	1,5611	1,7122
Scheinbares Gewicht	0,2363	0,3365
Gewicht von 100 ccm.	25,2896	35,5600
Wasserkapazität (Gew. %)	26,5182	194,8983
Wasserkapazität (Vol. %)	6,2663	65,5833
Feste Bestandteile (Vol. %)	15,1368	19,6531
Poren (Vol. %)	84,8622	80,3469
Niedrigste Lufterhaltungsfähigkeit	78,5969	14,7636
Zeit in Minuten, um Wasser bis 10 cm Höhe zu absorbieren	176	44

(2) Versuchsmasse in dichtem Zustand.

	Bodendecke	Verkohlte Bodendecke
Spez. Gewicht	1,5611	1,7122
Scheinbares Gewicht	0,3558	0,4304
Gewicht von 100 ccm	45,4789	38,0896
Wasserkapazität (Gew. %)	34,4789	64,7789
Wasserkapazität (Vol. %)	12,4420	27,8807
Feste Bestandteile (Vol. %)	22,7916	25,1430
Poren (Vol. %)	77,2084	74,8570
Niedrigste Lufterhaltungsfähigkeit	64,7664	46,9763
Zeit in Minuten, um Wasser bis 10 cm Höhe zu absorbieren	422	74

Bemerkung:—Beim lockeren Zustand wird die Versuchsmaterie beim Einfüllen dreimal schwach auf dem Tisch geschüttelt. Beim dichten Zustand wird die Versuchsmaterie beim Einfüllen in den Topf kräftig geschüttelt bis nichts mehr in das Gefäß hineingeht.

Die gewöhnliche Bodendecke bedarf längerer Zeit zum Absorbieren des Wassers als die verkohlte Bodendecke; die Wasserkapazität ist bei

gewöhnlicher, unerhitzter Bodendecke kleiner; die Poren sind grösser, grösser ist auch die Lufterhaltungsfähigkeit. Gewöhnliche Bodendecke ist daher leichter zu trocknen und offener für die Luftzirkulation als die verkohlte Bodendecke. Das ist aber keineswegs günstig für die Wasseraufnahme, die doch bei der Keimung sehr wichtig ist. Verkohlte Bodendecke dagegen absorbiert mehr Wasser, hat eine grössere Wasserkapazität und ist auch luftdurchlässig. Die schwarze Farbe, die durch die Erhitzung hervorgerufen wurde, vermehrt die Absorptionskraft in der Wärme. Nach obigen Gründen wirken also Feuchtigkeit, Luftzutritt und Wärmezufuhr bei verkohlter Bodendecke sehr günstig, daher ergeben solche Stellen gute Saatplätze und ist der Erfolg bedeutender als bei gewöhnlicher Bodendecke.

b. Boden. Je weiter unsere allgemeinen Kenntnisse über die Kolloidsubstanz des Bodens gehen, umso klarer wird es uns bewusst, dass alle physikalischen Eigenschaften des Bodens grösstenteils durch das Vorhandensein der Kolloidsubstanzen hervorgerufen werden. So könnten wir vielleicht mit Sicherheit behaupten, dass die Kolloidsubstanz mit allen ihren physikalischen Eigenschaften für die Tätigkeit des Bodens eine grosse Rolle spielt. Wird die Kolloidsubstanz erhitzt, so erleidet sie bedeutende Veränderung in ihren Eigenschaften; der physikalische Zustand des Bodens erfährt grosse Veränderung, besonders stark aber auch der Boden der Kolloidtypen wie der Tonboden. Deshalb wurden früher in Europa einige Tonnen verbrannter Boden pro Acre natürlichem Boden untermischt, um ihn zu verbessern. Sehr wenig ist uns bekannt über den Grad der Veränderung der Bodeneigenschaften, die durch die verschiedenen Temperaturen der Erhitzung hervorgerufen werden, besonders unklar ist der Punkt, wo die Veränderung durch die Hitze einsetzt. Bis jetzt sind nur zwei Arbeiten darüber veröffentlicht worden, eine ist die von Bouyoucos¹⁾, und die andere wurde von dem Bureau of Soils, U. S. Dept. of Agriculture²⁾ herausgegeben. Bouyoucos machte Untersuchungen über den Einfluss der Erhitzung des Bodens bei verschiedenen Temperaturen, über den Veränderungsgrad des Bodens und über den Temperaturgrad, bei dem die Veränderung einsetzt und aufhört. Drei physikalische Eigenschaften des Bodens sind als Untersuchungsfaktoren, um die Veränderung zu messen, angenommen worden, nämlich Benutzungswärme, unfreies Wasser und Plastizität. Es wurde bemerkt, dass bei allen drei Eigenschaften bei einer fast gleichen Temperatur d. h. 230° die Wirkungserscheinung eintrat.

1) BOUYOUCOS:—Soil Science, 17, p. 135-139 (1924).

2) BOGUE:—The Theory and Application of Colloidal Behavior, R. H. Vol. II, p. 474 (1924).

Man kann sagen, wenn die Temperatur diesen Punkt erreicht, wird der Veränderungsprozess seinen Anfang nehmen. Neigt die Temperatur gegen 485° , so haben sich alle drei Eigenschaften verändert, aber die Zerstörung hat noch nicht eingesetzt; bei 800° sind sie sämtlich zerstört und verschwunden.

Im Bureau of Soils, U. S. Dept. of Agriculture, sind dort gemachte Versuche veröffentlicht, und es heisst dann, wird die Substanz über 110° erhitzt, so machen sich die bemerkenswerten absorbierenden Eigenschaften für den Boden und für das Bodenkolloid gegenüber Wasser, Gas, Dampf, Mineralsubstanzen und einigen organischen Substanzen bemerkbar und zeigen eine regelmässige Neigung zur Veränderung an. Fast die Hälfte der Eigenschaften wird bis 500° verloren gehen, und wird die Erhitzung bis auf 900° gesteigert, so werden im praktisch sämtliche Eigenschaften verloren gehen, ferner ist bei dieser hohen Temperatur keine klare Feststellung von beginnendem Schmelzen zu möglich. Wird das Kolloid fein pulverisiert dieser hohen Temperatur ausgesetzt und danach abgekühlt, so verbleibt ein Pulver, und die Partikel unter dem Mikroskop gesehen, haben keine abgerundeten Ecken; aber sie absorbieren in Wirklichkeit keine Feuchtigkeit, und werden dieselben reichlich mit Wasser geschüttelt, so fangen sie auch hierbei nicht an zu quellen. Bleibt der Erhitzungsgrad unter 100° bei gleichmässiger Temperatur und Feuchtigkeit, so ist dies für die Absorptionskraft scheinbar ohne Einfluss. Es ist aber die Untersuchung über den Einfluss der verschiedenen Temperatur auf die Eigenschaften des Bodens sehr wichtig für die Erklärung, welchen günstigen Einfluss auf die Keimung und auf das Wachstum der Pflanzen das Erhitzen oder Nichterhitzen bedingt.

Um den Einfluss der physikalischen Veränderung und der Temperaturveränderung zu sehen, benützten wir nicht erhitzten und auf 50° , 100° und 400° erhitzten Boden¹⁾ und stellten die Grade und einige physikalische Eigenschaftsänderungen fest; folgende Tabelle zeigt diese Resultate:

Tabelle Nr. 22.

(I) Im lockern Zustand.

	Nicht erhitzt	50°	100°	400°
Hygr. Wasser	5,9800	5,3500	4,5400	2,6300

1) Die Erhitzung des Bodens ist dieselbe wie vorher beschrieben wurde.

	Nicht erhitzt	50°	100°	400°
Spez. Gewicht	2,4955	2,5567	2,5949	2,6663
Scheinbares Gewicht	0,5863	0,6069	0,6236	0,6575
Gewicht von 100 ccm.	62,3638	64,1183	65,3226	67,5276
Wasserkapazität (Gew. %)	74,0159	72,4138	72,2035	63,7283
Wasserkapazität (Vol. %)	43,3955	43,9479	43,9478	41,9014
Feste Bestandteile %	23,5001	23,7369	24,0306	27,1023
Poren (Vol. %)	76,4999	76,2631	75,9694	72,8977
Höchst. Lufterhaltungsfähigkeit	70,5199	71,9136	71,4294	70,2677
Nied. L. Durchlässigkeit	33,1044	32,3152	32,0216	30,9963
Zeit in Minuten, um Wasser bis 10 cm Höhe zu absorbieren	194	194	194	115

(2) Im dichten Zustand.

	Nicht erhitzt	50°	100°	400°
Scheinbares Gewicht	0,9191	0,9293	0,9474	0,9978
Gewicht von 100 ccm.	97,7594	98,1830	99,2336	102,4725
Wasserkapazität (Gew. %)	71,5846	67,5488	64,2690	52,9268
Wasserkapazität (Vol. %)	65,7934	62,7732	60,8799	52,4325
Feste Bestandteile %	36,8317	36,3476	36,5095	38,4325
Poren (Vol. %)	63,1683	63,6524	63,4905	61,5675
Höchst. Lufterhaltungsfähigkeit	57,1883	58,3024	58,9505	58,9375
Nied. Lufterhaltungsfähigkeit	0	0,8792	2,6106	8,6407
Zeit in Minuten, um Wasser bis 10 cm Höhe zu absorbieren	312	312	308	212

Die physikalischen Eigenschaften des Bodens zeigen, wie aus beigegebener Tabelle ersichtlich ist, bei Erhitzung des Materials einen Wechsel an, unabhängig von der Art der Dichtigkeit des Bodens (od. von der Art der Zusammenpackung der Bodenpartikel). Je nachdem der Erhitzungsgrad erhöht wird, vermindert sich allmählich die Menge der hygroskopischen Feuchtigkeit und die Wasserkapazität. Diese beiden Eigenschaften wurden

stark beeinflusst durch das Kolloid, von den Mengen der organischen Substanzen, die sich wie Kolloid klassifizieren, und von der Grösse der Bodenpartikel, die, wenn letztere fein genug sind, auch wie Kolloid klassifiziert werden. Das Kolloid und die organischen Substanzen haben ausserdem starke Neigung zur Bildung der zusammengesetzten Partikeln, und daraus direkt auf die der Poren, auch saugen sie grosse Wassermengen auf und schwellen beträchtlich an. Auf diese Weise vergrössert sich das Volumen des gegebenen Gewichtes des Bodens, und wird eine grössere Wassermenge als in anderen Fällen aufgenommen werden. Wenn das Bodenkolloid seine Eigenschaft durch die Erhitzung verliert, wird die Erhaltungskraft für Wasser und Dampf selbstverständlich im Resultate vermindert werden.

So wie das Kolloid auf die Wassererhaltung Einfluss hat, so wird auch im Boden die Kapillarbewegung des Wassers gesteigert werden. Das Wasser hat die Neigung, in nicht erhitzten Bodensäulen langsamer als in erhitzten zu steigen. Der Hauptgrund, warum die Kapillarrowasserbewegung in nichterhitztem Boden langsamer vor sich geht, hat zweifellos seinen Grund in der Quellung der Kolloidsubstanzen; denn hierdurch ziehen sich die kapillarischen Poren zusammen und schliessen sich. Die ganze Bodenmasse wird fest, und eine stärkere Reibung gegen den Durchgang des Wassers wird hervorgerufen. Andere physikalische Eigenschaften, wie das echte und scheinbare spezifische Gewicht, so auch das Volumengewicht vergrössern ihre Werte, sobald die Temperatur des Erhitzungsgrades gesteigert wird. Vielleicht sind sie abhängig von der Zerstörung der zusammengesetzten Partikel, die durch die Zersetzung der organischen Substanzen und durch die Eigenschaftsveränderung des Bodenkolloids, durch die Erhitzung entstanden sind, denn vor der Erhitzung wirkten beide Materialien zementierend für die Bodenpartikel. Die Summe des Porenvolumens wird auch beeinflusst werden durch die Resultate der Veränderung der Bodenpartikel in ihrer Struktur. Der durch die Erhitzung erzielte Eigenschaftsveränderungsgrad ist nicht von Bedeutung, ausser in dem Falle, wo der Erhitzungsgrad die Temperatur von 400° anzeigt. Der Erhitzungserfolg wird nicht viel Einfluss auf die Keimung des Samens und auf das Wachstum der Pflanzen haben, die durch die Veränderung der physikalischen Eigenschaften des Bodens entstanden sind, denn im natürlichen Falle erreicht die Temperatur nicht die Höhe von 400° durch die Verbrennung der Bodendecke.

3. Einfluss der Verbrennung der Bodendecke auf die Keimung und den Zuwachs der Jungen Lärchen.

Wir haben oben gezeigt, wie die Erhitzung der Bodendecke deren Eigenschaften stark verändert. Die folgenden Erörterungen beschäftigen sich hauptsächlich mit dem Einfluss, den die Erhitzung auf das Wachstum der Waldbäume ausübt.

a. Einfluss der nicht erhitzten Bodendecke. In den nächsten Experimenten versuchen wir, den Einfluss der verschiedenen Dicken der unerhitzten Bodendecke auf die Keimung und auf das Wachstum festzustellen. Zur Kontrolle wurde auch ein Versuch mit Boden ohne Bodendecke gemacht. Dazu kamen Bodenerden, die mit 1,5, 4,5 und 7,5 cm dicker Bodendecke bedeckt waren. Man säte darauf und kontrollierte die Zahl der Keimlinge und deren Zuwachs. Die Töpfe, die wir für unsere Versuche benutzten, waren 61 cm tief und hatten 40 cm Durchmesser.

Baumart: Dahurische Lärche (aus Sachalin).

Keimungsprozent (im Thermostat): 48 %

Gesät: am 5. Mai 1925.

Saatmenge: 300 pro Topf.

Boden: Zu unterst im Topf lag vulkanische Asche aus dem Versuchswald der kaiserlichen Hokkaido Universität in Tomakomai, dann folgte Erde aus dem Versuchswald in Sachalin und zu oberst die Bodendecke. Die Gesamtdicke war immer 60 cm, die Erdschicht war immer 30 cm dick: die Bodendecke wie erwähnt, 1,5 resp. 4,5 resp. 7,5 cm, während die vulkanische Asche dementsprechend eine Dicke von 28,5 resp. 25,5 resp. 22,5 cm umfasste. Die Erde hatte vorher ein 6 mm Sieb passiert.

Bedeckung: Der Samen wurde auf den Boden oder auf die Bodendecke gebracht, dann nicht mit Erde, sondern mit kurz geschnittenem Stroh bedeckt (0,7 cm tief). Nach der Keimung wurde das Stroh wieder entfernt.

Wässerung: Immer zu gleicher Zeit für alle Töpfe und gleiche Mengen.

Behandlung: Dreimaliges Begiessen mit Bordeaux-Mischung.

Feststellung der Resultate: Zuerst stellten wir die Zahl der Keimungen von Anfang des Versuches bis zum 10. September fest, dann die Zahl der Keimlinge am 31. Oktober. Dann wogen wir die jungen Pflanzen ohne Blätter, frisch, nicht lufttrocken. Dann wurden die Längen der Stämme, der Hauptwurzeln und der Seitenwurzeln untersucht, die Stärke des Stammes

beim Uebergang in die Hauptwurzel gemessen, und die Anzahl der Knospen festgestellt.

(1) Zahl der Keimungen und Keimlinge (300 Samen pro Topf, Keimungsprozent 48 %).

Tabelle Nr. 23.

Dicke der Bodendecke	Keimungszahl		Zahl der Keimlinge	
	Zahl	in %	Zahl	in %
0 cm	85	28,3	45	52,9
1,5 „	69	23,0	38	55,1
4,5 „	62	20,7	21	30,4
7,5 „	57	19,0	11	19,3

Die Zahl der Keimungen und Keimlinge ist also am grössten bei reiner Bodenerde, dann folgen die Töpfe mit 1,5 cm resp. 4,5 cm und 7,5 cm dicker Auflage von Bodendecke. Weil die Bodendecke selbst einen schlechten Einfluss auf Keimung und Wachstum hat, wird daher bei steigender Dicke der Bodendecke der Erfolg immer schlechter werden.

(2) Zustand der Keimlinge und Zuwachs¹⁾. Wir halten die Bestimmung des Gewichtes für sehr wichtig, um den Zuwachs der Keimlinge zu beurteilen, aber auch andere Faktoren, wie Länge der Hauptwurzel und Seitenwurzel, Zahl der Knospen und Stärke des Stammes möchten wir nicht vernachlässigen.

Tabelle Nr. 24.

Dicke d. Bodendecke	Zahl d. Keimlinge	Gewicht pro Stück gr	Gewicht Total gr	Stamm-länge cm	Länge d. H. wurzel cm	Gesamt-länge d. Seitenw. cm	Zahl der Knosp.	Stärke cm
0,0 cm	45	0,11	5,0	1,6	0,3	27,0	2,0	0,7
1,5 „	38	0,08	3,0	2,1	11,0	31,3	4,1	1,4
4,5 „	21	0,13	2,7	1,8	10,8	1,93	2,3	0,9
7,5 „	11	0,14	1,5	2,0	11,8	27,8	3,1	1,0

1) Auf einer gewissen Fläche kann nur eine bestimmte Anzahl von Pflanzen Platz finden. Wir benutzten bei unseren Versuchen dasselbe Material gleichzeitig zu Keimungszwecken, und, da die Plätze nicht gleichwertig waren, konnte infolgedessen für die Pflanzen nicht das richtige Verhältnis erzielt werden.

Das grösste gewicht pro Stück erhalten wir, wenn die Dicke der Bodendecke 7,5 cm ist; es vermindert sich dann bei 4,5, 0 und 1,5 cm Dicke der Bodendecke. Bei den andern Faktoren ist die Dicke der Bodendecke von 1,5 cm am günstigsten, die andern Dicken schliessen sich in der Reihenfolge 7,5, 4,5 und 0 an. Das Totalgewicht ist, am grössten, wenn gar keine Bodendecke vorhanden ist, dann, wenn diese 1,5 hierauf 4,5 und schliesslich 7,5 cm dick ist. Das Gewicht pro Stück ist beim Boden ohne Bodendecke geringer, weil die Pflanzen sehr dicht standen.

b. Einfluss von einer verkohlten dünnen Oberschicht der Bodendecke. Wir haben schon den ungünstigen Einfluss unverbrannter Bodendecke auf die Keimung gezeigt. Die Schicht der Bodendecke war wiederum 1,5 resp. 4,5 resp. 7,5 cm dick. Darauf kam nun eine Schicht verkohlter Bodendecke¹⁾ von 0,15 cm Mächtigkeit, welche einer Schicht von 1 cm unerhitzter Bodendecke entspricht.

(1) Zahl der Keimungen und Keimlinge.

Tabelle Nr. 25.

Dicke der Bodendecke	Keimungszahl		Zahl der Keimlinge	
	Zahl	in %	Zahl	in %
0,0 cm	85	28,3	45	52,9
1,5 "	103	34,3	74	71,8
4,5 "	84	28,0	56	66,7
7,5 "	79	26,3	40	50,6

Bemerkung: Zum Vergleich haben wir die Resultate auf nacktem Boden ohne Bodendecke herangezogen.

Diese Resultate sind von denen bei blosser Verwendung unerhitzter Bodendecke etwas verschieden. Am höchsten sind die Zahlen der Keimungen und Keimlinge, wenn die Bodendecke 1,5 cm, dann wenn sie 4,5 cm, dann wenn gar keine Bodendecke da ist, und am schlechtesten, wenn letztere 7,5 cm. dick ist.

Wenn wir diese Resultate mit denen bei nicht erhitzter Bodendecke vergleichen, so ergeben sich die in der folgenden Tabelle vereinigten Schlüsse (der Vergleich mag etwas unsachlich scheinen, weil nicht die gleiche Mächtigkeit der Bodendecke erhitzt wurde).

1) Die Verkohlung der Bodendecke ist dieselbe wie sie bereits beschrieben wurde.

Tabelle Nr. 26.

Mächtigkeit der Bodendecke	Zahl der Keimungen				Zahl der Keimlinge			
	Zahl	Differ.	%	Differ.	Zahl	Differ.	%	Differ.
1,5 cm {(verkohlt)	103		34,3		74		71,8	
{(unerhitzt)	69	34	23,0	11,3	38	36	55,1	16,7
4,5 cm {(verkohlt)	84		28,0		56		66,7	
{(unerhitzt)	62	22	20,7	7,3	21	35	33,8	32,9
7,5 cm {(verkohlt)	79		26,3		40		50,6	
{(unerhitzt)	57	22	19,0	7,3	11	29	19,3	31,3

Eine kleine Schicht verkohlter Bodendecke auf der Bodendecke ist also in jeder Beziehung günstiger als unerhitzte Bodendecke allein. Wir glauben, dass diese Deckschicht besonders im Bezug auf Temperatur und Feuchtigkeit günstig auf Keimung und auf den späteren Zustand wirkt. Für die Keimung ist der Einfluss der verkohlten Schicht umso grösser, je dünner die Schicht der Bodendecke ist, im spätern Zustand aber ist eine dickere Schicht Bodendecke vorteilhafter.

(2) Zustand der Keimlinge und Zuwachs.

Tabelle Nr. 27.

Dicke d. Boden- decke	Zahl d. Keim- linge	Gewicht pro Stück gr	Gewicht Total gr	Stamm- länge cm	Länge d. H. wurzel cm	Gesamt- länge d. Seitenw. cm	Zahl der Knosp	Stärke cm
0,0 cm	45	0,11	5,0	1,6	9,3	27,0	2	0,7
1,5 „	74	0,06	4,5	8,4	0,5	18,3	2	1,0
4,5 „	56	0,06	3,4	10,6	1,6	18,9	2	0,9
7,5 „	40	0,05	2,0	7,6	0,8	17,9	2	0,8

Für das Wachstum der Keimlinge lassen sich keine so günstigen Erscheinungen feststellen, wie bei der Keimung. Das Wachstum ist ausnahmslos ungünstiger, wenn man die dünne Schicht verkohlter Bodendecke auflegt, als wenn man nur Boden ohne Bodendecke verwendet. Bei Auflage einer dünnen Schicht verkohlter Bodendecke ist die Mächtigkeit von 1,5 noch am besten, dann folgen diejenigen von 4,5 und 7,5 cm; es sind

dieses dieselben Resultate, die bei unerhitzter Bodendecke ohne Auflage erzielt wurden. Aber in jedem Falle ist der Zuwachs der Keimlinge günstiger bei der verkohlten Bodendecke als der nicht erhitzten Bodendecke ohne Auflage; ist die Bodendecke dünn, dann ist der Einfluss der Verkohlung der oberen Schicht grösser.

Die folgende Tabelle bringt die Resultate des Gewichtsvergleichs bei Benützung von Bodendecke mit und ohne Auflage einer dünnen Schicht verkohlter Bodendecke.

Tabelle Nr. 28.

Decke der Bodendecke	Totalgewicht gr	Differenz gr
1,5 cm { (m. Aufl.)	4,5	1,5
{ (ohne Aufl.)	3,0	
4,5 cm { (m. Aufl.)	3,4	0,7
{ (ohne Aufl.)	2,7	
7,5 cm { (m. Aufl.)	2,0	0,5
{ (ohne Aufl.)	1,5	

c. Einfluss von einer eingäscherten dünnen Oberschicht der Bodendecke. Die Schicht der Bodendecke war wieder 1,5 resp. 4,5 resp. 7,5 cm dick, die eingäscherte Bodendecke¹⁾ 0,06 cm dick (letztere entspricht einer unverbrannten Bodendecke von 1 cm Dicke).

(1). Zahl der Keimungen und Keimlinge.

Tabelle Nr. 29.

Dicke der Bodendecke	Keimungszahl		Zahl der Keimlinge	
	Zahl	in %	Zahl	in %
0,0 cm	85	28,3	45	52,9
1,5 „	112	37,3	45	40,1
4,5 „	117	39,0	30	24,0
7,5 „	65	21,7	23	25,7

Bei einer Auflage von einer dünnen Schicht eingäscherter Bodendecke

1) Die Bodendecke wurde auf dem Eisenblech stark erhitzt und eingäschert.

für die Keimung ist eine Dicke der Bodendecke von 1,5 cm und 4,5 cm günstiger als blosser Boden d. h. ohne Bodendecke, aber für die Zahl der Keimlinge ist in allen Fällen die Bodendecke (mit eingäscherter Bodendecke) ungünstiger als blosser Boden. Wenn wir aber diesen Fall in Vergleich ziehen mit der Verwendung unerhitzter Bodendecke (a), so zeigt sich, dass die Auflage eingäscherter Bodendecke sowohl im Bezug auf die Zahl der Keimungen wie auch auf diejenige der Keimlinge günstiger ist. Dagegen ist die Zahl der Keimlinge in % von der Zahl der Keimungen günstiger, wenn man die Bodendecke ohne Auflage verwendet. Diese Erscheinung, dass bei eingäscherter Bodendecke die Zahl der Keimlinge in % von der Zahl der Keimungen ungünstiger ist als ohne Bodendecke und nicht erhitzte Bodendecke, ist wahrscheinlich auf die alkalische Reaktion zurückzuführen, die durch die Einäscherung verursacht wird und dem Wachstum der Keimlinge schadet.

Die folgende Tabelle resultiert aus einem Vergleich der Wirkungen der Bodendecke ohne und mit Auflage einer dünnen Schicht eingäscherter Bodendecke.

Tabelle Nr. 30.

Dicke der Bodendecke	Zahl der Keimungen				Zahl der Keimlinge			
	Zahl	Differ.	%	Differ.	Zahl	Differ.	%	Differ.
1,5 cm {(m. Aufl.)	112		37,3		45		40,1	
{(o. Aufl.)	69	43	22,0	14,3	38	7	55,0	-4,9
4,5 cm {(m. Aufl.)	117		39,0		30		26,0	
{(o. Aufl.)	62	55	20,7	18,3	21	9	33,8	-7,8
7,5 cm {(m. Aufl.)	65		21,7		23		35,3	
{(o. Aufl.)	52	8	19,0	2,7	11	12	19,3	+16,0

(2). Zustand der Keimlinge und Zuwachs.

Tabelle Nr. 31.

Dicke d. Bodendecke	Zahl d. Keimlinge	Gewicht pro Stück gr	Gewicht Total gr	Stamm-länge cm	Länge d. H. Wurzel cm	Gesamt-länge d. Seitenw. cm	Zahl der Knosp.	Stärke cm
0,0 cm	45	0,11	5,0	1,6	9,3	27,0	2	0,7
1,5 "	45	0,11	5,0	2,0	10,1	14,9	3	0,9
4,5 "	30	0,07	2,1	2,0	9,8	25,2	2	0,9
7,5 "	23	0,03	0,7	1,6	7,6	13,7	2	0,9

In Bezug auf das Wachstum der Keimlinge sind die Ergebnisse am besten bei Bodenerde allein und bei einer Auflage eingäscherter Bodendecke auf die eigentliche Bodendecke von 1,5 cm Dicke (beide zeigen ähnliche Resultate). Dann folgen Bodendecken von 4,5 cm und 7,5 cm Dicke.

Tabelle Nr. 32.

Dicke der Bodendecke cm	Gewicht gr	Differenz gr
1,5 cm { (m. Aufl.)	5,0	
{ (o. Aufl.)	3,0	2,0
4,5 cm { (m. Aufl.)	2,1	
{ (o. Aufl.)	2,7	-0,6
7,5 cm { (m. Aufl.)	0,7	
{ (o. Aufl.)	1,5	-0,8

Das Totalgewicht ist geringer bei der Auflage einer Schicht eingäscherter Bodendecke, als wenn man nur Bodendecke allein verwendet (mit Ausnahme des Falles, bei dem die Auflage sich auf nur 1,5 cm dicker Bodendecke befindet; da ist das Resultat günstig). Wir müssen also annehmen, dass die Auflage einer dünnen Schicht eingäscherter Bodendecke auf die Bodendecke für das Wachstum der Keimlinge nicht günstig sei, im Gegensatz zu den Erfahrungen, die man mit der Zahl der % der Keimungen unter den Keimlingen gemacht hatte.

d. Einfluss der verkohlten Bodendecke. Wir haben oben gezeigt, dass die Auflage einer dünnen Schicht verkohlter Bodendecke auf die eigentliche Bodendecke für Keimung und Wachstum der Keimlinge günstig wirkt; es interessiert uns nun, zu untersuchen, wie die Verwendung ganz verkohlter Bodendecke in verschiedenen dicken Schichten wirkt. Die folgenden Experimente dienten diesem Zweck. Es wurde auf den Boden eine Schicht verkohlte Bodendecke von 1 resp. 2 resp. 3 cm Dicke gebracht. Eine Schicht verkohlte Bodendecke von 1 cm Mächtigkeit entspricht einer solchen von unerhitzter Bodendecke von 6,7 cm Dicke. Die Resultate sind im Folgenden wiedergegeben.

(1) Zahl der Keimungen und Keimlinge.

Tabelle Nr. 33.

Dicke der verkohlten Bodendecke	Keimungszahl		Zahl der Keimlinge	
	Zahl	in %	Zahl	in %
0,0 cm	85	28,3	45	52,9
1,0 "	116	38,7	105	90,5
2,0 "	126	42,0	116	92,1
3,0 "	135	45,0	124	91,9

Die Zahlen der Keimungen und Keimlinge werden bei Anwendung verkohlter Bodendecke gross, und zwar desto grösser, je dicker die verkohlte Bodendecke aufliegt. Die Ursache dürfte ähnlich wie bei Verwendung der Auflage einer dünnen Schicht verkohlter Bodendecke auf die eigentliche Bodendecke (Fall b) in der grossen Veränderung der physikalischen Eigenschaften zu suchen sein, die sich im Keimbeet (Temperatur und Feuchtigkeit) vorteilhaft bemerkbar macht.

(2) Zustand der Keimlinge und Zuwachs.

Tabelle Nr. 34.

Dicke d. Boden- decke	Zahl d. Keim- linge	Gewicht pro Stück gr	Gewicht Total gr	Stamm- länge cm	Länge d. H. wurzel cm	Gesamt- länge d. Seitenw. cm	Zahl der Knosp.	Stärke cm
0,0 cm	45	0,11	5,0	1,6	9,3	27,0	2	0,7
1,0 "	105	0,35	36,8	3,8	4,4	26,6	5	1,5
2,0 "	116	0,36	41,8	3,0	9,3	27,2	4	1,1
3,0 "	124	0,14	17,4	3,3	9,4	37,2	5	1,3

Auch beim Wachstum der Keimlinge hat die verkohlte Bodendecke einen günstigen Einfluss. Es scheint mir, dass bei einer 2 cm dicken verkohlten Bodendeckenschicht die beste Wirkung erzeugt wird.

e. Einfluss der eingäsicherten Bodendecke. In den vorhergehenden Ausführungen haben wir gezeigt, dass eine dünne Schicht eingäsicherter Bodendecke als Auflage auf der eigentlichen Bodendecke

die Keimung begünstigt, das nachfolgende Wachstum aber weniger vorteilhaft beeinflusst. Wenn aber die Asche der verbrannten Bodendecke direkt auf dem Boden aufliegt, so ergeben sich andere Resultate. Man kann sich leicht vorstellen, dass die löslichen Bestandteile in die Erde eindringen, nicht nur, um Nährstoffe für die Pflanzen zu werden, sondern auch um durch die alkalische Reaktion, die durch die Lösung der Aschen herbeigeführt wird, zu verschwinden. Es ergeben sich also andere Erscheinungen als bei Fall c (Auflage einer dünnen Schicht eingäschter Bodendecke auf die eigentliche Bodendecke). Die folgenden Tabellen enthalten die Resultate unserer Versuche. Es wurden Schichten von 1 resp. 2 resp. 3 cm Dicke eingäschter Bodendecke auf den Boden aufgelegt.

(1) Zahl der Keimungen und Keimlinge.

Tabelle Nr. 35.

Dicke der eingäscherten Bodendecke	Keimungszahl		Zahl der Keimlinge	
	Zahl	in %	Zahl	in %
0,0 cm	85	28,3	45	52,9
1,0 „	124	41,3	108	87,1
2,0 „	79	26,3	60	75,6
3,0 „	78	22,7	39	57,4

Die Zahlen der Keimungen und die der Keimlinge sind grösser, wenn die Schicht nicht dick ist.

(2) Zustand der Keimlinge und Zuwachs.

Tabelle Nr. 36.

Dicke der eingäsch. Bodendecke	Zahl d. Keimlinge	Gewicht pro Stück gr	Gewicht Total gr	Stamm-länge cm	Länge d. H. wurzel cm	Gesamt-länge d. Seitenw. cm	Zahl der Knosp.	Stärke cm
0,0 cm	45	0,11	5,0	1,6	9,3	27,0	2	0,7
1,0 „	108	0,48	51,8	2,5	9,7	32,5	5	1,6
2,0 „	60	0,42	25,2	2,3	9,2	30,9	5	1,6
3,0 „	39	0,11	4,3	2,0	8,9	25,5	4	1,1

Eine Decke von eingäscherter Bodendecke ist für das Wachstum ebenfalls günstig, im Gegensatz zu den Erscheinungen bei der Bodendecke, die nur mit einer dünnen Schicht eingäscherter Bodendecke versehen war (Fall c.).

f. Zusammenfassung der erhaltenen Resultate. Mit der zusammenfassenden Vergleichung derjenigen Resultate, die wir durch Experimente an der durch Verbrennung entstandenen Bodendecke erhalten haben, möchten wir praktisch jene Form der Bodendecke feststellen, die für die Verjüngung günstig ist.

(1) Keimung.

Tabelle Nr. 37.

Dicke der Bodendecke	Zahl der Keimungen	Zahl der Keimungen in % vom schlechtesten Resultat.	Klassierung (I = bestes, VI = schlechtestes Resultat).
0,0 cm (nackter Boden).	135	193	V
Bodendecke 1,5 bis 7,5 cm dick	188	100	VI
do., bedeckt m. dünner Schicht verkohlter Bodendecke	266	141	IV
do., bedeckt m. dünner Schicht eingäscherter Bodendecke	294	156	II
1 bis 3 cm verkohlter Bodend.	377	201	I
1-3 cm eingäscherter Bodendecke	271	144	III

Bemerkung: Die Zahl der Keimungen auf dem nackten Boden wurde verdreifacht, um eine angepasste Vergleichsgrundlage zu schaffen.

Ganz verkohlte Bodendecke zeigt das beste Resultat, dann folgt Bodendecke mit einer dünnen Auflage eingäscherter Bodendecke, dann ganz eingäscherter Bodendecke, an vierter Stelle steht Bodendecke mit einer dünnen Auflage verkohlter Bodendecke (die drei letztgenannten Fälle ohne allzugrosse Unterschiede) und zuletzt gar nicht erhitzte Bodendecke.

(2) Zahl der Keimlinge.

Tabelle Nr. 38.

Bodendecke	Zahl der Keimlinge		Klassifizierung (I = bestes, VI = schlechtestes Resultat)
	Zahl	in % vom schlechtesten Resultat	
0 cm (nackter Boden)	135	193	V

Bodendecke	Zahl der Keimlinge		Klassifizierung (I = bestes, VI = schlechtestes Resultat)
	Zahl	in % vom schlechtesten Resultat	
Bodendecke 1,5 bis 7,5 cm dick	70	100	VI
do., bedeckt mit dünner Schicht verkohlter Bodendecke	170	243	III
Do., bedeckt mit dünner Schicht eingäscherter Bodendecke	98	140	IV
1-3 cm verkohlte Bodendecke	345	483	I
1-3 cm eingäscherter Bodendecke	207	286	II

Auch hier zeitigt verkohlte Bodendecke das beste Resultat. Dann folgen ganz eingäscherter und Bodendecke mit einer Auflage verkohlter Bodendecke (diese beiden mit fast gleichen Resultaten); an vierter Stelle Bodendecke mit Auflage eingäscherter Bodendecke. Nackter Boden und reine Bodendecke ist ungünstig.

(3) Gesamtgewicht.

Tabelle Nr. 39.

Bodendecke	Zahl der Keimlinge		Klassifizierung (I = bestes, VI = schlechtestes Resultat)
	Zahl	in % vom schlechtesten Resultat	
0 cm (nackter Boden)	15,0	207	III
Bodendecke 1,5 bis 7,5 cm dick	7,2	100	VI
do., bedeckt mit dünner Schicht verkohlter Bodendecke	9,9	138	IV
do., bedeckt mit dünner Schicht eingäscherter Bodendecke	7,8	108	V
1-3 cm verkohlte Bodendecke	96,0	1333	I
1-3 cm eingäscherter Bodendecke	81,3	1029	II

Für das Totalgewicht ist ganz verkohlte Bodendecke am besten, dann folgt die ganz eingäscherter; diese beiden mit ausserordentlich günstigen Resultaten; im Vergleich mit gar nicht erhitzter Bodendecke ist das Ergebnis bei diesen 10-13 mal besser. An dritter Stelle steht der nackte Boden, der immer noch das doppelte Gewicht im Vergleich zur unerhitzten Bodendecke hervorbringt. Am Schlusse stehen mit ihren Ergebnissen Bodendecke mit Auflage von verkohlter und eingäscherter Bodendecke

(mit 10–30 % der Produktion des nackten Bodens). Nicht erhitze Bodendecke ist am ungünstigsten. Für Keimung und Wachstum ergibt sich zusammenfassend gesagt folgende Rangordnung der verschieden behandelten Bodendecken:

- I. Verkohlte Bodendecke.
- II. Eingäscherte Bodendecke.
- III. Nackter Boden, ohne Bodendecke.
- IV. Bodendecke von einer verkohlten dünnen Oberschichte der Bodendecke.
- V. Bodendecke von einer eingäscherten dünnen Oberschichte der Bodendecke.
- VI. Unerhitzte Bodendecke.

(I=die beste, VI=die schlechteste Eignung)

4. Einfluss der Erhitzung des Bodens auf die Keimung und die Keimlinge.

Es ist ohne weiteres klar, und wir haben dafür viele Beweise aus dem Ackerbau, dass die Veränderung der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens grossen Einfluss auf die Keimung und das Wachstum der Pflanzen ausübt. Es ist nötig, diesen Erscheinungen im Waldbau auf den Grund zu gehen, um für die Verjüngung wichtige Schlüsse ziehen zu können. In dieser Absicht hat der Verfasser an Lärchensaat sowie an zweijährigen Pflanzen Topfversuche angestellt, um die Keimung und den Zuwachs zu untersuchen. Der Boden wurde, wie bereits erwähnt, auf verschieden hohe Temperaturen erhitzt (50, 100, 200, 300 und 400 Grad). Nach der Erhitzung brachte man die Erde in lufttrockenem Zustand und liess sie ein 6 mm Sieb passieren. Auch schloss man nicht erhitzten Boden vergleichshalber in den Versuch ein. Zeit und Mengen bei der Wässerung blieben, wie schon erwähnt, gleich d. h. die Saat hatte ihr bestimmtes Quantum in einer gewissen Zeit, verschieden von dem der zweijährigen Pflanzen.

a. Beobachtungen an der Saat.

(1) Zahl der Keimungen und Keimlinge.

Tabelle Nr. 40.

Erhitzung	Keimungen		Zahl der Keimlinge	
	Zahl	in %	Zahl	in % von der Zahl der Keimungen
Nicht erh.	67	22,3	65	87,1
50°	78	26,0	65	83,3
100°	85	28,3	71	83,5
200°	95	31,3	80	85,1
300°	70	23,3	56	80,0
400°	68	22,7	44	64,7

(Pro Topf wurden 300 Samen verwendet, der Keimungsprozent im Thermostat war 44%).

Für die Zahl der Keimungen ist die Erhitzung auf 200° am besten, die nächst günstigsten Resultate ergeben sich bei Temperaturen von 100°, 50°, 300° und 400° resp. nicht erhitztem Boden. Für die Prozentzahl der Keimlinge ist nicht erhitzter Boden am besten, dann folgen Temperaturen von 200°, 100°, 50° resp. 300° und endlich von 400°.

(2) Zustand und Zuwachs der Keimlinge.

Tabelle Nr. 41.

Erhitzung	Zahl d. Keimlinge	Gewicht		Stamm-länge cm	Länge d. Haupt-wurzel cm	Länge d. Seiten-wurzeln cm	Zahl der Knospen	Stärke cm
		pro St. gr	Total gr					
n. erhitzt	65	0,35	22,8	2,1	5,3	18,7	3	1,1
50°	75	0,45	29,3	2,2	5,0	19,4	3	1,1
100°	71	0,46	32,7	2,5	6,2	20,2	4	1,2
200°	80	0,30	24,0	3,1	5,3	23,6	3	1,2
300°	56	1,60	9,0	2,4	5,2	20,0	3	0,9
400°	44	1,30	5,7	3,0	5,5	16,0	0,3	1,1

Am vorteilhaftesten zeigt sich also eine Erhitzung auf 100°; dann folgen Temperaturen von 50°, 200°, 300° und 400°. Nicht erhitzter Boden

ist ungünstiger als solcher der auf 50°–200° gebracht wurde, aber doch günstiger als Boden der über 200 Grad erhitzt wurde.

b. Beobachtungen an den zweijährigen Pflanzen. Es wurden zwei Pflanzen in einen Topf gesetzt. In der auf 400° erhitzten Erde starb eine der Pflanzen, die andere aber blieb.

Tabelle Nr. 42.

Erhitzg.	Gewicht			Stammlänge cm			Länge d. H.- Wurz. cm			Länge d. S.- Wurz. cm			Knospen			Stärke cm		
	H.	F.	Zuw.	H.	F.	Zuw.	H.	F.	Zuw.	H.	F.	Zuw.	H.	F.	Zuw.	H.	F.	Zuw.
N. erh.	21,5	9,7	11,8	29,0	25,0	4,0	18,5	11,0	7,5	42,0	—	—	149	15	134	7,3	5,7	1,6
50°	30,6	9,8	20,8	33,5	29,0	4,5	15,8	11,5	4,3	51,0	—	—	165	19	146	8,0	5,9	2,1
100°	32,0	9,8	22,2	32,5	26,5	6,0	13,9	9,5	4,4	30,0	—	—	161	20	141	8,2	6,0	2,2
200°	23,0	10,1	12,9	31,5	26,5	5,0	14,8	8,0	6,8	37,5	—	—	163	22	141	9,5	6,0	3,5
300°	17,8	10,0	7,8	30,4	27,5	2,9	13,5	10,0	3,5	31,0	—	—	115	19	96	7,2	5,7	1,5
400°	10,5	9,8	0,7	28,0	27,0	1,0	7,5	6,0	1,5	14,0	—	—	152	22	130	6,8	5,5	1,3

Bemerkung: H.=Herbst; F.=Frühjahr.

Wiederum zeigt eine Erhitzung des Bodens auf 50°–200° die besten Ergebnisse mit Ausnahme des einzigen Faktors der Länge der Hauptwurzeln. Eine weitere Erhöhung der Temperatur auf 300°–400° wirkt noch ungünstiger als die Verwendung unerhitzten Bodens, wie wir es auch schon für die junge Saat festgestellt haben.

Nach unserem Resultate ist für die Keimung des Samens und für das Wachstum der Pflanzen der Erhitzungsgrad von 50°–200° als günstig anzusehen, es kommt vielleicht daher, weil in diesen Zwischenräumen die Wasserlöslichkeit der Bodenbestandteile erhöht wird, jedoch bei 400° erzielen wir schlechte Resultate, denn die Veränderung der physikalischen Eigenschaften übt eine zu grosse Wirkung auf die Pflanzen aus. Zu den chemischen und physikalischen Veränderungen bei der Erhitzung des Bodens kommen noch mikrobiologische hinzu, die chemischen und physikalischen Veränderungen aber üben auf Keimung und Wachstum der jungen Pflanzen eine günstige Wirkung aus. Bei Waldbränden wird gewöhnlich nur der oberste Teil der Bodendecke in ihren Eigenschaften verändert, da wohl nur selten höhere Temperaturen als 300°–400° entstehen, vielleicht sind sie sogar gewöhnlich unter 100°. Wir können aber annehmen, dass solche

Temperaturen auf das Wachstum der jungen Pflanzen ähnliche Einflüsse ausüben, wie dies bei unsern Experimenten sich gezeigt hat.

VII. Einfluss des Lichtgrades auf die Verjuengung.

Im ersten Teil haben wir erwähnt, dass es noch zweifelhaft sei, ob die junge Lärche zu den Lichthölzern gehöre. Weil das von grosser Bedeutung für die Bestimmung der Zeit und des Grades des Fällens ist, haben wir an frischer Saat, sowie ein und zweijährigen Pflanzen Experimente über den Einfluss des Lichtgrades gemacht.

I. Beschreibung der Experimente.

Es wurde ein Deckgitter verwendet, welches verschiedenen Lichtgrad auf die Pflanzen einwirken lassen konnte, und daraufhin Keimung und Wachstum der Pflanzen kontrolliert. Die Gitter bestanden aus parallel gelegten Holzlatten, die bei den einzelnen Gittern in verschiedenen Zwischenräumen angebracht waren.

1. Gitter: 80 % offene und 20 % durch Gitterwerk bedeckte Fläche,
2. Gitter: 60 % offene und 40 % durch Gitterwerk bedeckte Fläche,
3. Gitter: 40 % offene und 60 % durch Gitterwerk bedeckte Fläche,
4. Gitter: 20 % offene und 80 % durch Gitterwerk bedeckte Fläche,
5. Gitter: 0 % offene und 100 % durch Gitterwerk bedeckte Fläche.

Der Querschnitt durch die Gitterlatten war quadratisch (0,75 cm Seitenlänge), ihre Länge 60 cm. Das ganze Gitter hatte die Form eines Würfels, dem eine (die untere) Seite fehlte. Fig. 3 zeigt einen Querschnitt durch die Deckfläche des Gitterwerks mit den für die verschiedenen Gitter verschiedenen Massen.

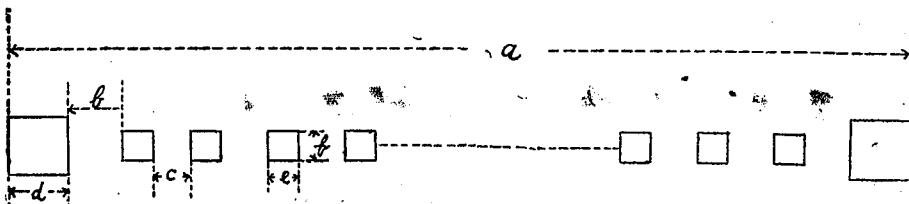


Fig. 3. Die Stellung des Gitterwerks.

Gitter Nr.	1	2	3	4
a	60	60	60	60
b	1,9	0,9375	0,625	0,8
c	3,0	1,125	0,5	0,1,875
d	1,5	1,5	1,5	1,5
e	0,75	0,75	0,75	0,75
f	0,75	0,75	0,75	0,75

(Masse in cm).

Die Deckfläche des Gitters Nr. 5 war gleich gebaut wie die des Gitters Nr. 4, die andern Seiten aber waren ganz mit Holzplatten bedeckt. Es wurde ferner ein Versuch ohne Gitter (Nr. 0) ausgeführt.

Als Versuchsmaterial benützte man Samen der dahurischen Lärche aus Sachalin und Korea sowie ein und zweijährige Pflanzen aus Korea. Es wurden Klassen mit sechs verschiedenen Lichtgraden gebildet. Es wurden Samen sowohl im Freien als auch im Glasraum gesät, ein und zweijährige Pflanzen dagegen nur im Freien verwendet. Auf einen Topf kamen 300 Samen, resp. drei einjährige Pflanzen, resp. eine zweijährige Pflanze. Der Topf hatte einen Durchmesser von 20 cm und die gleiche Tiefe. Die Erde wurde durch ein 6 mm Sieb geworfen. Sie entstammte dem Boden der Baumschule aus einer Tiefe von 7–10 cm und hatte die richtige Feuchtigkeit. Alle Töpfe wurden gleich schwer gemacht; sie wogen (incl. Topf) je 4,5 Kwan (= 16,875 kg).

Durch die verschiedene Konstruktion der Gitter musste eine Veränderung des Feuchtigkeitsgehaltes und der Temperatur erfolgen, wovon besonders die erstere von grossem Einfluss auf die Keimung und das Wachstum war. Der Zweck unserer Versuche konnte aber nicht erreicht werden, ohne dass man die Feuchtigkeit ausglich. Das ursprüngliche Gewicht von Topf mit Erde (16,875 kg), wurde, wenn es sich durch gelegentliches Begiessen verändert hatte, am Ende der Woche wieder korrigiert und auf 16,875 kg gebracht (durch Wasserzufuhr). Um genau gleiche Feuchtigkeitsmengen zu erhalten, sollte man eigentlich zum Gewicht des Topfes und der Erde auch noch dasjenige der Pflanzen addieren. Da letzteres aber sehr gering war, wurde es ganz vernachlässigt (so wog z. B. die Saat eines Topfes nur 6,4 gr, die drei einjährigen Pflanzen eines Topfes 3 gr, die zweijährige Pflanze 13 gr).

Wir massen die Temperaturen in den verschiedenen Gittern im Glasraum. Die folgende Tabelle zeigt, dass sich die durchschnittliche Monatstemperatur in den Gittern von 0 bis 5 leicht nach abwärts verändert.

Tabelle Nr. 43.

Monat	Gitter Nr.					
	0	1	2	3	4	5
Mai (14-31)	—	21,5	21,1	19,4	18,6	17,9
Juni (1-30)	—	32,7	32,1	28,0	27,4	27,2
Juli (1-31)	32,0	31,8	31,6	28,1	27,8	27,7
August (1-31)	31,3	31,2	31,0	28,8	27,7	27,5
September (1-30)	27,7	27,3	26,8	25,1	24,7	24,6
Oktober (1-31)	22,2	21,4	20,1	18,5	18,2	17,1

Bemerkung: Es wurden im Tag zwei Messungen vorgenommen (10 Uhr morgens und 2 Uhr nachm.).

2. Resultate der Experimente.

Die folgenden Tabellen vereinigen die Resultate unserer Beobachtungen an der jungen Saat wie auch an den ein- und zweijährigen Pflanzen.

a. Junge Saat. Der Keimungsprozent der dahurischen Lärche im Thermostat war für Samen aus Korea 48 % und für Samen aus Sachalin 44 %.

(1) Zahl der Keimungen und Keimlinge.

Tabelle Nr. 44.

Gitter Nr.	Zahl der Keimungen						Zahl der Keimlinge					
	Korean. Samen				Sachal. Samen		Korean. Samen				Sachal. Samen	
	Glasraum		i. Frei.		Glasr.		Glasr.		i. Fr.		i. Fr.	
	Zahl	%	Z.	%	Z.	%	Z.	%	Z.	%	Z.	%
0	44	14,7	51	17,0	33	11,0	36	81,8	4	7,8	4	12,1
1	51	17,0	80	26,7	14	4,7	47	92,2	52	65,0	5	35,7
2	78	26,0	84	28,0	13	4,3	53	67,9	67	79,8	7	57,8
3	74	24,6	113	37,7	85	28,3	65	87,8	79	69,9	73	85,9
4	58	19,3	68	22,7	83	27,7	3	5,2	3	4,4	6	7,2
5	60	20,0	65	21,7	82	27,0	0	0	0	0	0	0

- Bemerkung: 1) Die Zahl der Keimungen umfasst sämtliche Keimungen von Anfang bis zum Ende des Versuches.
 2) Die Zahl der Keimlinge wurde am 31. Oktober festgestellt.
 3) Die % der Keimlinge sind von der Zahl der Keimungen ausgehend berechnet worden.

Bei Verwendung von Samen aus Korea im Glasraum ergab somit bei der Keimung, das Gitter Nr. 2 die besten Resultate. Dann folgten Gitter Nr. 3, 4, 5, 1 und 0. Dementsprechend zeigt sich mittlerer und dichter Schluss für die dahurische Lärche besser als räumiger Schluss und ganz der Sonne ausgesetzter Boden. Bei Verwendung von Samen aus Korea im Freien ergab das Gitter Nr. 3 die besten Resultate. Dann folgten Nr. 2, 1, 4, 5 und 0. Im Bezug auf Schlussgrad ergeben sich die gleichen Konsequenzen wie im Glasraum. Bei Verwendung von Samen aus Sachalin im Freien ergab das Gitter Nr. 3 die besten Erfolge. Daran schlossen sich die Gitter Nr. 4, 5, 0, 1 und 2. In diesem Fall, der freilich als eine Ausnahme zu betrachten sein dürfte, zeigt sich der dichte Schluss für die Zahl der Keimungen am vorteilhaftesten.

Betrachten wir die Wirkung der verschiedenen Gitter auf die Zahl der Keimungen so ergibt sich bei Verwendung von Samen aus Korea im Glashauss das beste Resultat mit Gitter Nr. 3, dann folgen Gitter Nr. 2, 1, 0, 4 und 5. Dementsprechend ist also mittlerer Schluss am vorteilhaftesten, dann folgen räumiger Schluss, ganz der Sonne ausgesetzter Boden und dichter Schluss. Bei Verwendung von Samen aus Korea im Freien hatte Gitter Nr. 3 die besten Ergebnisse, dann folgten die Gitter Nr. 2, 1, 0, 4 und 5. Es ergeben sich also hier die gleichen Schlussfolgerungen wie bei dem Versuch im Glashauss. Bei Verwendung von Samen aus Sachalin im Freien war es wiederum Gitter Nr. 3, das den grössten Erfolg zeitigte, darauf folgten die Gitter Nr. 2, 4, 1, 0 und 5. Auch für Samen aus Sachalin ergeben sich also die bereits erwähnten Folgerungen hinsichtlich Schlussgrad.

Für den Keimungsprozent zeigt sich also mittlerer Schluss am vorteilhaftesten, dann folgen dichter und räumiger Schluss, während ganz der Sonne ausgesetzter Boden ungünstig ist. Die Beziehungen zwischen der Zahl der Keimungen und derjenigen der Keimlinge sind sehr verschieden. So zeigten sich beim dichten Schluss eine grosse Zahl von Keimungen aber gar keine davon entwickelten sich. Für die Zahl der Keimungen und Keimlinge ist auch mittlerer Schluss am besten, daran schliessen sich räumiger Schluss und ganz der Sonne ausgesetzter Boden. Für die Saat ist also im Allgemeinen mittlerer Schluss besser als alle andern Schlussgrade, wir können also sagen, dass die dahurische Lärche in dieser Beziehung Eigenschaften einer Halbschattenholzart und nicht einer Lichtholzart aufweist. Wir werden im

Folgenden nun noch auf das weitere Wachstum eintreten.

(2) Zustand der Keimlinge und Zuwachs.

Tabelle Nr. 44.

Gitter Nr.	Zahl d. Keimlinge	Gewicht pro St. gr	Gewicht Total gr	Stamm-länge cm	Länge d. H.-wurzel cm	Gesamt-länge d. Seitenw. cm	Zahl der Knospen	Stärke cm
0	44	0,11	4,4	2,6	6,0	33,4	2,1	0,9
1	104	0,06	6,2	2,0	8,9	28,8	2,7	0,9
2	127	0,05	6,4	2,1	6,9	17,8	2,2	0,7
3	217	0,02	4,3	2,0	5,2	6,0	1,1	0,5
4	12	0,11	1,4	1,6	3,2	2,9	1,5	0,3
5	0	0	0	0	0	0	0	0

Bemerkungen: Die Zahl der Keimlinge umfasst sowohl diejenige der Versuche im Glashaushaus als auch die der Versuche im Freien. Die Zahlen für Stammlänge, Hauptwurzel, Seitenwurzeln, Knospen und Stärke verstehen sich als Durchschnitt pro Stück.

Der Versuch mit Gitter Nr. 5 verlief in jeder Beziehung ganz erfolglos. Bei Gitter Nr. 3 ist die Zahl der Keimlinge am grössten; danach folgen Gitter Nr. 2 und 1. Beim Gewicht pro Stück kamen Gitter Nr. 0 und 4 an erste Stelle, dann folgten Gitter Nr. 1, 2, 3 und 5. Im Bezug auf das Totalgewicht der Pflanzen leitete das Gitter Nr. 2, dann folgten die Gitter Nr. 1, 0, 3, 4 und 5. Dementsprechend zeigt sich also mittlerer Schluss für das Wachstum der Keimlinge am besten, dann folgen räumiger Schluss, ganz der Sonne ausgesetzter Boden und dichter Schluss. Auch für das weitere Wachstum der Keimlinge zeigt sich also, dass die dahurische Lärche die Eigenschaften einer Halbschattenholzart besitzt. Die Differenzen in den Ergebnissen in den verschiedenen Gittern können hauptsächlich drei Ursachen zugeschrieben werden: Licht, Feuchtigkeit und Temperatur. Die Unterschiede in der Temperatur waren aber sehr gering; diejenigen in der Feuchtigkeit wurden ausgeglichen; so dürften die verschiedenen Resultate wohl hauptsächlich von dem verschiedenen Lichtgrad abhängen.

b. Einjährige Pflanzen. Am 25. April 1925 wurden je 3 Pflanzen in einen Topf gesetzt und gleich behandelt wie die Saat. Unter jedes Gitter kamen je 2 Töpfe mit zusammen 6 Versuchspflanzen. Die folgende Tabelle zeigt die Resultate der Messungen beim Beginn des Experimentes im Frühling.

Tabelle Nr. 46.

Gitter Nr.	Gewicht pro St.	Stammlänge cm	Länge d. H.- Wurzel cm	Zahl der Knospen	Stärke cm
0	1,0	7,8	7,5	14	3,1
1	1,3	7,1	7,3	13	3,0
2	1,0	7,5	8,2	14	2,9
3	1,0	6,6	6,8	13	2,9
4	1,0	7,3	7,5	12	2,7
5	1,0	7,0	7,6	14	2,6

Bemerkung: Die Seitenwurzeln wurden nicht gemessen, weil die Gefahr des Zugrundegehens in der trockenen Zeit des Frühlings besonders gross ist.

Die nächste Tabelle vereinigt die Resultate der Messungen, die an den gleichen Pflanzen im Spätherbst vorgenommen wurden. Die Pflanzen in den Gittern Nr. 4 und 5 waren wohl aus Mangel an Licht abgestorben, ebenso diejenigen von Nr. 0 aus unbekannter Ursache.

Tabelle Nr. 47.

Gitter Nr.	Gewicht pro St. gr	Stammlänge cm	Länge d. H.- Wurzel cm	Gesamtlänge d. Seitenw. cm	Zahl d. Knospen	Stärke cm
1	2,0	14,0	12,8	206,9	41	3,4
2	2,0	13,0	12,7	273,1	26	3,2
3	3,0	14,0	11,6	225,0	34	3,2

Die folgende Tabelle veranschaulicht den Zuwachs dieser Pflanzen.

Tabelle Nr. 48.

Gitter Nr.	Gewicht		Stammlänge		Länge d. H.-Wurzel		Knospen	
	Differenz	Verh. Zahl	Diff.	Verh. Zahl.	Diff.	Verh.	Diff.	Verh.
1	0,7	100	6,9	100	5,5	100	28,2	100
2	1,0	143	5,5	80	4,5	87	12,0	42
3	2,0	276	7,4	107	4,8	72	21,0	74

Das Gewicht ist bei den Pflanzen des Gitters Nr. 3 am besten, die andern Faktoren schliessen sich jedoch dieser Neigung nicht an.

Die folgende Tabelle enthält Verhältnisangaben über die Entwicklung der Seitenwurzeln.

Tabelle Nr. 49.

Gitter Nr.	Länge der Seitenwurzel				
	I	II	III	IV	Total
1	100	100	100	100	100
2	140	107	211	532	132
3	72	62	104	627	109

Aus allen diesen Versuchen ergibt sich also, dass mittlerer Schluss am vorteilhaftesten ist, dann folgt räumiger Schluss. Am ungünstigsten ist dichter Schluss; bei ganz der Sonne ausgesetztem Boden fehlt uns die Möglichkeit eines Vergleiches, da die betreffenden Pflanzen bald starben.

c. Zweijährige Pflanzen. Es wurde eine Pflanze in einen Topf gesetzt. Darauf wurden die gleichen Beobachtungen und Messungen wie bei den einjährigen Pflanzen angestellt.

Tabelle Nr. 50.

Gitter Nr.	Gewicht gr	Stärke cm	Stammlänge cm
0	9,0	5,9	23
1	9,0	5,0	24
2	9,5	6,8	22
3	9,5	5,8	26
4	10,0	5,9	24
5	10,0	6,8	24

Bemerkung: Beim Verpflanzen waren die Wurzeln alle auf 8 cm Länge abgeschnitten worden.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate der Messungen, die im Spätherbst vorgenommen wurden.

Tabelle Nr. 51.

Gitter Nr.	Gewicht gr	Stammlänge cm	Länge d. H. Wurzel cm	Gesamtlänge d. Seitenw. cm	Zahl d. Knospen	Stärke cm
0	11,0	28,0	12,5	705,4	172	7,3
1	10,0	31,0	19,5	223,4	186	6,0
2	13,0	29,0	12,0	720,2	183	8,0
3	10,0	30,0	9,0	541,3	213	6,3
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0

Die folgende Tabelle zeigt die Unterschiede und entsprechende Verhältnisanangaben.

Tabelle Nr. 52.

Gitter Nr.	Gewicht		Stärke		Stammlänge	
	Differenz gr	Verh.	Diff. cm	Verh.	Diff. cm	Verh.
0	2,0	100	1,4	100	5,0	100
1	1,0	50	1,0	71	7,0	140
2	2,5	125	1,2	86	7,0	140
3	0,5	25	0,5	39	4,0	80

Die Pflanzen der Gitter Nr. 4 und 5 gingen zu Grunde, so dass uns dafür die Möglichkeit des Vergleichens fehlt, es ist aber ohne Weiteres anzunehmen, dass nur schlechte Resultate hätten entstehen können. Hinsichtlich Gewicht hatte das Gitter Nr. 2 die besten Ergebnisse, dann folgten Gitter Nr. 0, 1 und 3. Die Stärke war am grössten in Gitter Nr. 0, dann folgten die Gitter Nr. 1, 2 und 3. Die Stämme waren am längsten in den Gittern Nr. 1 und 2, dann in Nr. 0 und am kürzesten in Nr. 3. Die besten Resultate erhielt man also bei den Pflanzen von Gitter Nr. 2.

Die nächstfolgende Tabelle enthält Verhältnisanangaben über die Längen der Seitenwurzeln.

Tabelle Nr. 53.

Gitter Nr.	Totallänge der Seitenwurzeln
0	100
1	29
2	102
3	77

Auch in dieser Beziehung waren die Pflanzen im Gitter Nr. 2 am meisten entwickelt. Diesen Versuchen entsprechend wäre also mittlerer Schluss am besten, dann folgt räumiger Schluss und ganz der Sonne ausgesetzter Boden. Offensichtlich ungünstig ist dichter Schluss, während der Grad der Eignung von räumigem Schluss und ganz der Sonne ausgesetztem Boden nicht klar aus den Experimenten erkennbar ist. Auf Grund unserer Versuche möchten wir aber der Ansicht entgegentreten, dass die junge Lärche am besten im Freien gedeiht. Auch die zweijährige Lärche zeigt die typischen Eigenschaften eines Halbschattengewächses.

VIII. Einfluss der Bodenfeuchtigkeit auf die Verjuengung.

Wir erwähnten im vierten Teil dieser Arbeit, dass die dahurische Lärche besonders gut im Tiefland gedeihe; die japanische Lärche dagegen besser in höher gelegenen Gebieten, dieser Unterschied zeigt sich deutlich in der Verbreitung der beiden Bäume. Auch die europäische Lärche gedeiht besser in höher gelegenen Gebieten¹⁾. Daraus schliessen wir, dass die dahurische Lärche gegen Feuchtigkeit besonders widerstandsfähig sei. Dieser Teil der Arbeit hat den Zweck mit Topfexperimenten den Beweis dieser Annahme zu erbringen. Es wurden Versuche an dahurischen und europäischen Lärchen ausgeführt.

1). Beschreibung der Experimente.

Am 15. Mai 1925 wurden je 100 Samen in Töpfe von 16,8 cm Durchmesser und gleicher Tiefe gesät. Die Erde hatte vorher ein 6 mm Sieb passiert. Um eine passende Feuchtigkeit zu erzielen, waren pro Topf

1) GAYER: Forst und Jagdzeitung p. 293-298, (1895).

1350 ccm Wasser beigelegt worden. Vom 19. Mai ab wurde jeden zweiten Tag Wasser nachgegossen in den unten angegebenen Mengen. Die weitere Behandlung und Art der Untersuchung war gleich wie bei den Versuchen von Teil VI dieser Arbeit.

Tabelle Nr. 54.

Mengen des zugeführten Wassers pro 2 Tage und pro Topf.

	Mai ccm	Juni ccm	Juli ccm	August ccm	September ccm	Oktober ccm
Topf a	45,67	57,08	55,09	61,85	94,99	94,77
Topf b	91,33	114,16	110,17	123,69	189,97	189,53
Topf c	137,90	171,24	165,26	185,54	284,96	284,30
Topf d	270,00	306,90	308,24	310,56	197,51	145,31

Bemerkungen: 1) Die Mengen für die Töpfe a entsprachen der Hälfte der Regenmenge, die der Töpfe b der gesamten Regenmenge, die der Töpfe c der anderthalbfachen Regenmenge. Die für die Töpfe d verwendeten Wasserquantitäten entsprachen der anderthalbfachen Menge der Verdunstung.

2) Die durchschnittliche Regenmenge und Verdunstung in Sapporo war (1915-24):

	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Jahr
Regenmenge	63,9	77,2	77,0	85,9	128,7	132,5	1.091,0 mm
Verdunstung	125,8	138,4	143,7	144,7	89,1	167,7	1.032,2 mm

3) Die durchschnittliche Zahl der Regentage (mit mehr als 1 mm Regen) war in Sapporo (1915-24):

	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Jahr
Regentage	14,5	13,2	14,1	12,3	17,8	16,9	201,1

Da somit auf jeden zweiten Tag durchschnittlich ein Regentag fällt wurde auch die Begiessung jeden andern Tag vorgenommen.

4) Aus den obigen Angaben wurden die durchschnittlichen Regen und Verdunstungsmengen pro zwei Tage berechnet. Sie betragen:

	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.
Regenmenge	4,12	5,15	4,97	5,58	8,57	8,55 mm
Verdunstung	8,12	9,23	9,27	9,34	5,94	4,37 mm

5) Der Durchmesser der Töpfe war 16,8 cm. Demzufolge war die obere Bodenfläche 221,671 qcm oder 22167,1 qmm. Um eine 1 mm Niederschlag entsprechende Menge Wasser zu geben mussten somit pro Topf 22.167,1 cmm (=22,1671 ccm) Wasser verwendet werden. Durch einfache Multiplikation erhält man aus diesen Angaben die zu verwendenden Wassermengen.

6) Im Mai wurde 7 mal, im Juni 15 mal, im Juli 15 mal, im August 16 mal, im September 15 mal und im Oktober 15 mal begossen. Die Gesamtmenge des verwendeten Wassers war demnach:

	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Total
Topf a	319,68	856,20	826,35	989,60	1.424,85	1.421,55	5.838,24
Topf b	639,31	1.712,40	1.652,55	1.979,04	2.849,55	2.842,95	11.675,80
Topf c	959,00	2.568,60	2.478,90	2.968,64	4.274,40	4.264,50	17.514,04
Topf d	189,00	4.603,50	4.623,60	4.968,96	2.962,65	2.179,65	19.527,36

Wenn man für die Gesamtmenge des für die Töpfe a verwendeten Wassers die Verhältniszahl 100 einsetzt, so ergeben sich in Bezug auf die für die Töpfe b, c und d gebrauchten Mengen die Verhältniszahlen 200, 300 und 334.

2. Resultate der Versuche.

(1) Zahl der Keimungen und Keimlinge.

Auf einen Topf wurden je 100 Samen verwendet. Der Keimungsprozent im Thermostat war für die dahurische Lärche 48 % und für die europäische Lärche 44 %.

Tabelle Nr. 55.

Topf	Dahurische Lärche				Europäische Lärche			
	Keimungen		Keimlinge		Keimungen		Keimlinge	
	Zahl	in %	Zahl	in %	Zahl	in %	Zahl	in %
a	27	27	2	7	51	51	5	10
b	41	41	16	39	9	9	2	22
c	56	56	13	23	7	7	1	14
d	6	6	2	33	0	0	0	0

Wenn wir die Resultate nach den Baumarten vergleichen, so zeigt sich für die europäische Lärche das beste Resultat beim Topf a, dann folgen Topf b und c; bei Topf d zeigte sich gar kein Erfolg. Bei der dahurischen Lärche dagegen werden die Ergebnisse von Topf a bis c immer günstiger. Im Topf d zeigt die dahurische Lärche mit 6 Keimungen ein schlechtes Resultat, das aber immer noch über dem der europäischen Lärche steht. Daraus können wir also schliessen, dass der Topf a für die europäische Lärche am besten ist, dass sich aber mit der zunehmenden Feuchtigkeit die Existenzbedingungen für sie verschlechtern. Für die dahurische Lärche aber ist die Feuchtigkeitsmenge, die dem Topf c zugeführt wurde, am besten; sie gedeiht schlechter, wenn man ihr mehr oder weniger Feuchtigkeit zu-setzt. An feuchten Plätzen gedeiht also die dahurische Lärche besser als

die europäische. Im Bezug auf die Zahlen der Keimlinge ist zu sagen, dass sie bei der europäischen Lärche von den Töpfen a bis d abnehmen. Bei der dahurischen Lärche dagegen fanden sich am meisten in Topf b, dann folgten Töpfe c, a und d (bei a und d sind sie gleich). Bei der europäischen Lärche erzeugt also Topf a das beste Resultat, vermehrte Feuchtigkeit verschlechtert die Ergebnisse. Für die Keimlinge der dahurischen Lärche ist Topf b am besten, dann folgt c. Die dahurische Lärche zeigt sich also widerstandskräftig gegen Feuchtigkeit.

(2) Zustand der Keimlinge und Zuwachs.

Tabelle Nr. 56.

Baumart	Topf	Zahl d. Keiml.	Gewicht pro St. gr	Total gr	Stamm-länge cm	Länge d. H.-wurzel cm	Total länge d. Seit.-wurzeln cm	Zahl der Knospen	Stärke cm
Dahurische Lärche	a	2	0,01	0,10	2,3	5,9	6,5	3	1,0
	b	16	0,08	1,28	2,9	9,8	28,1	3	1,1
	c	13	0,10	1,30	1,4	6,3	17,8	3	1,3
	d	2	0,05	0,10	1,5	3,6	15,0	3	1,0
Europäische Lärche	a	5	0,08	4,00	1,2	13,4	13,4	8	1,1
	b	2	1,30	2,60	9,5	18,3	27,5	12	2,5
	c	1	2,00	2,00	9,0	26,0	33,0	17	3,0
	d	0	0	0	0	0	0	0	0

Obschon diese Tabelle keine allzugrossen Unterschiede aufweist, geht doch daraus hervor, dass die dahurische Lärche in Topf c die besten Resultate in Bezug auf das Gesamtgewicht hervorbringt.

Wir können das Resultat der Betrachtungen und Versuche in diesem Teil dahin zusammenfassen, dass die dahurische Lärche im Widerstand gegen die Feuchtigkeit sich der europäischen Lärche überlegen zeigt.

IX. Praktische Verjuengungsmethoden im Naturwald der dahurischen Lärche.

1. Beschreibung der Verjüngung.

a. Unsere Methode. Im Folgenden erklären wir die Art und Weise der Verjüngung auf Grund der Ergebnisse unserer Studien.

Im Lärchenreinwald veranstaltet man drei Jahre vor dem Schlag ein Bodenfeuer. In diesen vier Jahren keimen und wachsen dann sicher Samen und junge Pflanzen (in einen Zeitraum von 4 Jahren fällt mindestens ein Samenjahr). Wenn die jungen Pflanzen 3–6 Jahre alt sind, werden alle Oberbäume geschlagen. Wir haben also nur einen Nachhieb und keinen Vorbereitungs und Besamungshieb. Wo die jungen Pflanzen nicht gut davonkommen, hilft man mit Setzen von naturgewachsenen, jungen Lärchen nach.

Im gemischten Wald (Lärche mit andern Nadelhölzern) entfernt man 6 Jahre vor dem Schlag die Bodendecke (weil auf 4 Jahre gewöhnlich ein Samenjahr kommt, wählt man einen Platz, wo nach 6–9 Jahren geschlagen wird.). Wenn die jungen Fichten und Tannen 5–8 Jahre alt sind, werden die Oberbäume geschlagen. Auch hier gibt es weder einen Vorbereitungs noch einen Besamungshieb, sondern nur einen Nachhieb, der auf einmal oder in zwei Malen durchgeführt werden kann. Falls die jungen Pflanzen schlecht gedeihen, hilft man mit Pflanzen aus der Baumschule aus.

b. Intensitätsgrad unserer Verjüngung. Die Betriebsart von Wäldern mit Lärchen ist im allgemeinen rücksichtslos. Man hat in diesen Gebieten entweder gar keine oder nur unsystematische Betriebspläne. Vielerorts ist man auch nicht sehr eifrig, wenn es sich um die Fortpflanzung des Waldes handelt, oder man hat auch nicht viel Geld für den Waldbau aufzuwenden. Die Art der Nutzung ist auch sehr wenig intensiv. Die Bäume werden gewöhnlich in einer Höhe von 1–1,5 Metern über dem Boden abgeschnitten, was meist aus Bequemlichkeit wegen des hohen Schnees geschieht. Niemand denkt an das zurückgelassene Holz. In der Mandchurei werden gewöhnlich nur 20–40 % der Holzmassen aus dem Walde wegtransportiert, während 60–80 % im Walde liegen bleiben. Niemand denkt an die hängen gebliebenen Bäume. Auch an Fachleuten ist Mangel, welche die zu fallenden Bäume richtig auswählen können. Wir glauben aber, dass der stammweise Betrieb sich mit den Jahren mehr und mehr einbürgern werde. Wir müssen also unsere Verjüngungsmethode so gestalten, dass sie das Fällen leicht und primitiv gestattet, ohne den Nachwuchs allzu stark zu beeinträchtigen. Es ist schon besser, wenn man das Schlagen in den Dienst der Verjüngung nehmen kann. Wir müssen schon zufrieden sein, wenn durch die Fällung keine Verschlechterung des Waldbildes entsteht. Die Verbesserung des Waldbildes ist dann das nächste Problem. Unsere Verjüngungsmethode ist also sehr grob und kann nicht mit andern wirkungsvolleren verglichen werden. Aber der gegenwärtige Stand der Oekonomie und der Mangel an Arbeitskräften gestattet nicht,

andere, intensivere Verjüngungsmethoden anzuwenden. Die Zukunft wird auch diese Methode noch weiterhin vervollkommen müssen.

c. Art der Verjüngung. Unsere Verjüngungsmethode ist eine Vorverjüngung. Der Nachwuchs wächst unter dem Mutterbaum. Während einiger Zeit bilden die Oberbäume den Schutz für die jungen Pflanzen, dann werden sie geschlagen. Im Zeitpunkt des Schlagens ist also die Verjüngung bereits sicher gestellt.

Unsere Methode gehört unter Schirmverjüngung. Es handelt sich aber um eine einfachere Art der Schirmverjüngung. Unsere Methode hat nicht die drei Stadien des Schirmschlages (Vorbereitungs-, Besamungs und Nachhiebstadium) wie bei Gayer (Schlagweiser Schirmschlag). Es gibt nur einen Nachhieb, der im Reinwald auf einmal, im gemischten Wald in ein oder zwei Malen durchgeführt wird. Auch die Verjüngungszeit ist etwas kürzer (im Reinwald 4-7, im gemischten Wald 6-9 Jahre), als bei Gayers Methode (5-20 Jahre)¹⁾.

2. Praktische Durchführung der Methode.

a. Zustand des Waldes, in dem diese Methode zur Anwendung kommen kann. Im Reinwald soll, wie bereits erwähnt, ein Bodenfeuer der Verjüngung vorausgehen. Dieses wird in mittelaltem und altem Wald, die nutzungsfähig geworden sind, veranstaltet. Im Lärchenreinwald sind fast alle Bäume gleich alt.

Der mittelalte Wald wird hauptsächlich für Telegraphenstangen gewinnung und für Tiefbauten benutzt. Das Bedürfnis nach solchem Holz wird durch den Bergbau immer noch vermehrt. Der in Frage kommende Bestandschluss ist gewöhnlich mitteldicht, 80-150 Jahre alt. Die Bäume haben in Brusthöhe eine Stärke von 20-40 cm, auch solche mit noch geringerer Stärke finden sich darunter. Gras und Sträucher wachsen etwas dichter als im gemischten Wald, aber nicht so dicht wie im alten Wald. Die Widerstandsfähigkeit gegen Feuer ist etwas stärker als im Junglärchenwald aber natürlich schwächer als im alten Lärchenwald. In höher gelegenen Gebieten dringen in diesen mittelalten Lärchenwald gewöhnlich Fichte und Tanne ein. Es ist klar, dass wir dann in einem solchen Wald kein Feuer benutzen können. Man muss die Bodendecke entfernen. Im mittelalten Wald, wo Bodenfeuer stattfand, trifft man oft auf Plätze, wo die jungen Fichten und Tannen vernichtet wurden, dann auch auf solche, wo junge Lärchenpflanzen nachwachsen, aber auch auf andere, ohne jeden

¹⁾ BÜHLER: Der Waldbau II, p. 316.

Lärchennachwuchs. In diesem letztern Fall hat das Bodenfeuer nicht in einem Samenjahr stattgefunden. In zwei Fällen soll daher kein Bodenfeuer vorgenommen werden: a) wenn Fichten und Tannen in den Lärchenwald eingedrungen und zahlreich geworden sind. b) wenn junge Lärchen nach einem früheren Feuer nachgekommen sind.

Im alten Lärchenwald ist der Schlussgrad gewöhnlich räumiger, gelegentlich findet sich auch mittlerer Schluss. Die Bäume sind 150–500 Jahre alt und haben in Bruthöhe eine Stärke von über 40 cm, doch finden sich auch kleinere Stücke darunter. Die stärksten messen bis 100 cm. Bei einem Bodenfeuer wachsen junge Lärchen dicht nach, so dass, wenn die Oberbäume gefällt werden, bereits ein erwachsener, junger Wald nachgekommen ist.

Wenn die Lärche mit andern Nadelbäumen gemischt vorkommt, so ist sie der Oberbaum. Im mittelalten Wald sind Fichten, Tannen und Kiefern jung. Wenn die Lärche alt wird, finden sich mit ihr zusammen mittelalte oder junge Nadelhölzer. Die Lärche ist immer älter, als die mit ihr zusammen vorkommenden Nadelhölzer. Gras und Sträucher wachsen in diesem Wald hie und da dicht, aber gewöhnlich weniger dicht, als im alten Wald. Gewöhnlich kommt Laubholz als Unterholz nach, das die Strahlen abhält. Der Schlussgrad des gemischten Waldes ist gewöhnlich mittler oder dicht, selten räumig. Im mittelalten Lärchenmischwald ist Aufnahme der Bodendecke erfolglos, weil nur wenige Fichten und Tannen Mutterbäume vorhanden sind. In solchem Wald muss man nach dem Schlag den Nachwuchs setzen. Im alten Wald dagegen, der schon mehr Mutterbäume aufweist, kann man die Bodendecke entfernen, um junge Pflanzen entstehen zu lassen. Die Oberbäume (Lärchen) und die Fichten und Tannen werden für Bauzwecke und Papierfabrikation verwendet. Der Grossteil des Unterholzes an Fichten und Tannen wird beim Schlag zu Grunde gehen oder nachher durch die Veränderung der Bedingungen. Der neue Wald muss daher aus denjenigen Pflanzen entstehen, die bei der Wegnahme der Bodendecke wachsen.

b. Nutzungszeit. Die Lärche kann in einem Alter von 80–400 Jahren benutzt werden. Die Nutzung für Telegraphenstangen beginnt gewöhnlich, wenn die Bäume 80 Jahre alt sind; gegenwärtig werden die Telegraphenstangen gewöhnlich aus 80–100 jährigem Wald geholt. Für Bauholznutzung etc. muss der Wald älter sein. Auch in Zukunft wird der mittelalte Wald in erster Linie Telegraphenstangen liefern; doch muss für die Erhaltung des Waldes immer auch älterer Bestand stehen bleiben.

Im gemischten Wald entscheidet die Nutzung der Lärche auch für

die Art der Nutzung der Fichten und Tannen. Letztere sind immer jünger als die Lärchen und werden daher meistens für Papierfabrikation verwendet.

c. Fläche der Betriebseinheit. Wir können eine grössere Fläche als Betriebseinheit annehmen, weil durch das Schlagen der Bäume weder die stehengebliebenen Bäume noch der Nachwuchs beschädigt werden. Ordnung und Richtung des Schlages bilden kein Problem. Man setzt mit Bodenvorbereitung ein, wo geschlagen werden soll, und zwar im Reinwald 4–7 Jahre, im gemischten Wald 6–9 Jahre vor dem Schlag. Nach dieser Frist erfolgt der Nachhieb. Man muss dabei den natürlichen Grenzen wie Flussläufen, Bergkämmen, etc. folgen, weil diese Grenzen sehr oft die Brände aufhalten, und die Verbreitung der Lärche oft von ihnen abhängig ist. Wir teilen den Wald unter Berücksichtigung der genannten Grenzen in Einheiten von 5–10 ha. Grössere Flächen bringen mehr Gefahr mit sich, während der Betrieb kleinerer Komplexe zu kostspielig sein dürfte. Wir halten die erwähnte Fläche für unsere Methode am passendsten.

d. Entstehung der jungen Pflanzen.

1) Ansichten anderer Fachleute über die Verjüngung durch Waldbrand. Arbeiten über dieses Gebiet gibt es von TOZAWA in Bezug auf *Thujopsis*; THORN. T. MUNGER bezügl. *Pseudotsuga*, ferner von SCHENCK über *Pseudotsuga* etc., von W. C. LOWDERMILK über Engelmännfichte und von E. H. WILSON über die dahurische Lärche in Korea. Alle diese Forscher schrieben die Entstehung der betreffenden Pflanzen dem Waldfeuer zu. SCHENCK sagt: "Der Urwaldbrand ist eines der Kulturmittel des Urwaldes" und: "Es ist meine feste Ueberzeugung, dass auch diese Urwälder (*Pseudotsuga* etc.) einem Waldbrand ihre Entstehung verdanken". SCHENCK sagt nicht, dass man dieses Kulturmittel weiterhin anwenden solle, wohl aber sind die andern Forscher dieser Ansicht. TOZAWA ist der Ansicht, dass man für die Kultur der *Cryptomeria* und *Thujopsis* am besten die Mutterbäume stehen lasse, einen räumigen Schluss herstelle und die unnützen Pflanzen herauschneide, darauf den obern Teil des Bodens verbrenne. MUNGER schreibt: "If the slash is burned immediately after logging and before the succeeding germinating season (which is the month of May) reproduction is almost sure to result. Then if the area is protected from subsequent fires, satisfactory reproduction is assured." LOWDERMILK sagt: "On protected areas as large a percentage as possible of the duff or little covering of the soil and the native vegetation must be broken up or burned over". Diese Theorie gilt für andere Bäume, aber nicht für die dahurische Lärche. Der Schreiber dieser Zeilen schrieb darüber in seinem Rapport an den Oberforstrat von Korea 1915, und bald darauf berichtete

E. H. WILSON der mit dem Verfasser dieser Arbeit in Nordkorea reiste, über die gleiche Frage¹⁾. Aus der letztgenannten Arbeit ("Regeneration of Chosen Karamatsu") zitieren wir: "Chosen Karamatsu seedlings will not vegetate naturally in forest soils rich in humus, and anyone who travels the forest in Northern part of Chosen will be struck by the entire absence of young plants except alongside the paths or in areas devastated by fire. However, regeneration of forests of Chosen Karamatsu may be readily effected if the undergrowth be burned off some five years before the forests are cut down. The interval of five years from the burning of the undergrowth to the felling of the trees, will afford the seeds shed from the parent tree ample time to vegetate and develop into seedling plants capable of taking full care of themselves. After five years the whole of the treated area of the Chosen Karamatsu forest should be felled. This burning of the undergrowth, if done carefully and under the control of competent forestry officers, would entail no danger to the existing forest of Chosen Karamatsu"²⁾.

Die Ansichten über die Entstehung gewisser Pflanzen nach Feuer sind Resultate von Beobachtungen nicht von Experimenten. Die Theorie, Feuer auch für die Verjüngung zu benützen, geht ebenfalls auf Beobachtungen zurück. Diese dürfte in allererster Linie auf die Lärche anzuwenden sein und in gleicher Weise wichtig sein für Amerika, Korea, Sachalin, die Mandschurei, Sibirien u. a. Länder. Der Schreibende hat absolut keine Zweifel über die Möglichkeit einer derartigen Verjüngung, und im Folgenden soll nun die praktische Durchführung seiner Methode erklärt werden.

(2) Benützung des Feuers für Bodenvorbereitung. Wenn man Feuer für die Vorbereitung des Bodens zur Verjüngung benützen will, muss man zuerst die Fläche bestimmen und die nötigen Anordnungen zum Schutz der Umgebung gegen das Feuer treffen. Im Vorherbst werden auch diejenigen Plätze, die bereits Nachwuchs besitzen, ausgeschieden, um sie beim Brande zu schützen. Die Samenjahre können wir vorausbestimmen, wie wir im 5. Teil dieser Arbeit gezeigt haben. Man stellt ein bis zwei Klafter weite Feuerschutzstrassen rund um die ausgewählte Fläche her. Dabei folgen die Begrenzungen dieser 5-10 ha grossen Komplexe, wie bereits erwähnt, so stark als möglich den natürlichen Grenzen. Man muss auch für die nötige Anzahl von Tagelöhnern (3-10 Mann pro ha) vorsorgen. Das Feuer muss selbstverständlich ein Bodenfeuer und nicht

1) S. GOTO: Rapport über die Naturverjüngung der Lärchen (Karamatsu no temnenkoshin no hokoku) 1915. (ungedruckt)

2) Chosen Karamatsu = dahurische Lärche in Korea.

Stamm- oder Gipfelfeuer sein. Im Allgemeinen werden die Stämme bis einige Meter über die Erde geschwärzt, aber es entsteht kein Gipfelfeuer, da die Äeste gewöhnlich ziemlich hoch oben sind. Es ist unnötig, das Gras zu schneiden, weil es nicht hoch gewachsen ist. Die Sträucher (besonders *Ledum* und *Vaccinum* Arten) brauchen ebenfalls nicht geschnitten zu werden, weil sie klein sind und viel Harz haben und daher leicht brennen. Bei starkem Wind soll selbstverständlich kein Feuer angefacht werden. Bei schwachem Wind soll das Feuer der Richtung des Windes folgen, so kann man den Brand leicht durchführen. Im Urwald trocknet die Bodendecke gelegentlich nicht leicht, und es gibt Stellen, wo sie nicht ganz verbrannt wird. In diesem Fall muss man mit einem neuen Feuer nachhelfen. Es ist vorteilhafter, das Feuer im Herbst zu machen als im Frühling. Das aus drei Gründen: Einmal kann man dann das Samenjahr bestimmt feststellen, dann ist weniger Gefahr beim eigentlichen Brand da, endlich wächst auch kein Gras nach unmittelbar nach der Keimung. Aber diese Periode für das Feuer im Herbst ist nur kurz, in Sachalin ist z. B. der Herbst feuchter als der Frühling, so dass man das Feuer im Frühjahr veranstalten muss. Wider Erwarten hat sich bei den Versuchen in Sachalin nach dem Feuer im Frühling nur ein verhältnismässig geringer Graswuchs in der Besamungszeit eingestellt.

(3) Wirkung des Feuers. Wenn ein Feuer auf einem Kahl Schlagplatz stattfindet, ist es sehr intensiv, und das herumliegende Material brennt und verkohlt oder wird eingeäschert. Bei einem Feuer im Urwald wird nur wenig von der Bodendecke eingeäschert, nur der oberste Teil der Bodendecke verkohlt. Wie wir bei den Topfexperimenten in der Baumschule gezeigt haben, ergibt die mit einer dünnen Schicht verkohlter Bodendecke bedeckte Topfmasse bessere Resultate als unverbrannte Bodendecke. Das gilt sowohl im Bezug auf Keimung als auch auf Zuwachs der Keimlinge. So können wir annehmen, dass bei Bodenfeuer im Urwald, wenn der oberste Teil der Bodendecke seine Eigenschaften verändert, für die Keimung und den Zuwachs der Keimlinge günstige Bedingungen entstehen.

(4) Wachstum und Entwicklung der Keimlinge. Wir haben im IV. Teil dieser Arbeit gezeigt, dass der vom Feuer angegriffene Urwald für die Entwicklung des Nachwuchses sehr günstig ist. Auch haben die Resultate unserer Versuche (siehe V. Teil) ergeben, dass der vom Feuer veränderte Boden günstiger ist als jeder anders vorbereitete Boden (z. B. Wegnahme der Bodendecke flächenweise, streifenweise und fleckenweise). In den Samenjahren ist die Samenmenge sehr gross, und es

kommen auf einen Quadratken¹⁾ 2-400 junge Pflanzen. Es sind also durchaus genug junge Pflanzen da, je dichter sie beisammen stehen, umso leichter werden sie über das Gras Meister. Wenn die jungen Lärchen nur dünn stehen, gehen sie gelegentlich im nachkommenden Gras zu Grunde. Die jungen Lärchen wachsen im Allgemeinen unter Schluss, und zwar erreichen fünfjährige Pflanzen bis zu 12 cm. Höhe in mittlerem Schluss; im räumigen Schluss werden 10 jährige Pflanzen 20-40 cm hoch und sterben dann ab. Wenn nun, bevor die Pflanzen zu Grunde gehen, die Oberbäume geschlagen werden, ergeben sich wieder günstige Bedingungen. Wir betrachten im Folgenden den Kampf der jungen Lärche mit dem Gras etwas näher. Wie wir früher gezeigt haben (Tafel XVI, Fig. 2.), kann die junge Lärche im Gras fortkommen. Die dahurische Lärche treibt ihre Knospen im Frühling etwa 15 Tage früher als die japanische Lärche und auch entsprechend früher als das Gras. So beginnt auch das Wachstum der dahurischen Lärche vor dem der Gräser, und nach einigen Jahren, wenn die Lärche ungefähr die gleiche Höhe wie die umgebenden Gräser erreicht hat, wird das Wachstum noch schneller. Wir können auch feststellen, dass Lärchen, die in Gruppen stehen, schneller wachsen, als vereinzelte. Wenn sie zu stark unterdrückt sind, muss man das Gras schneiden.

Im Wald, wo Lärchen mit Fichten und Tannen gemischt stehen, ist die Anwendung des Feuers nicht ratsam. Fichten und Tannen sind reich an Harz und auch wenig widerstandsfähig gegen das Feuer; alle Bäume würden daher zugrunde gehen. Und weil die jungen Pflanzen in dünner Bodendecke am besten gedeihen, muss man auch die Bodendecke noch entfernen, um Nachwuchs zu bekommen. Die beste Zeit für diese Arbeit ist der Moment vor dem Abfall der Samen, Ende Sommer oder im Herbst. Die Wegnahme kann, wie erwähnt, streifenweise, in Flecken oder Flächen geschehen, das letztere dürfte aber zu teuer zu stehen kommen. Je nach der Zahl der bereits vorhandenen jungen Pflanzen, wählt man Linien in Abständen von 1-2 Meter. Verglichen mit der fleckenweisen Entfernung der Bodendecke, ist die streifenweise Entfernung günstiger. Die Streifen werden horizontal geführt, müssen aber doch etwas geneigt sein, um den Abfluss des Wassers zu ermöglichen. Der grösste Teil der Bodendecke wird losgelöst und umgelegt, so dass eine doppelte Fläche für die Keimung der jungen Lärchen entsteht. Betreffend Resultate unserer Versuche in Korea verweisen wir auf den III. Teil dieser Arbeit; die Keimung ging auf den Strichen, wo Bodendecke entfernt war, leicht vor sich. Die auf die jungen Pflanzen herabfallenden Blätter werden in den ersten zwei Jahren je einmal entfernt. Die

1) 1 ken = ca. 1,82 m.

jungen Pflanzen erreichen in den ersten 5–8 Jahren Höhen von 5–10 cm.

5) Weiterentwicklung der Verjüngung. Wir treten zunächst auf die Beziehung zwischen Dichte des Schlusses und der Entwicklung der jungen Pflanzen ein. Es ist sehr wichtig, das festzuhalten, was unsere Experimente gezeigt haben: dass die Saat der dahurischen Lärche, sowie die ein- und zweijährigen Pflanzen die Eigenschaften von Halbschattenholzarten aufweisen. Mit dem dritten Jahre aber verliert die Lärche diese Eigenschaft. Dadurch, dass das Experiment in einem einzigen Jahre vollendet wurde, also nicht die gleichen Pflanzen für die verschiedenen Altersstufen verwendet werden konnten, ergab sich eine Unzulänglichkeit. In der Natur beginnt die junge Lärche nach 3 Jahren plötzlich schneller zu wachsen. Bis zur Vollendung des zweiten Jahres ist es daher für die Pflanze gut, unter Schluss zu bleiben; nachher aber soll sie ins Freie. Die jungen Lärchen können aber im mittleren Schluss (gewöhnlich mittelalter Wald) bis zum 5–10. Jahre; im räumigen Schluss (entspricht altem Wald) 15–20 Jahre bleiben. Kleine Fichten und Tannen dagegen haben im Allgemeinen etwas verschiedene Eigenschaften im Bezug auf den Lichtgrad, doch können beide im jungen Stadium auch unter dichtem Schluss existieren¹⁾. Wenn sie aber das vierte Jahr erreichen, müssen sie unter mittleren Schluss kommen²⁾. Im 6. Jahre endlich ist der Aufenthalt im Freien am günstigsten³⁾. Diese Pflanzen (Fichten und Tannen) finden wir im Naturwald bis zu ihrem 10. Jahre gut gedeihend. So muss man also für die Lärche die Oberbäume weit früher entfernen als für Fichte und Tanne.

Die Entfernung der Oberbäume geschieht im Reinwald durch einen Nachhieb auf einmal und in einem oder zwei Malen im gemischten Wald. Warum ein Vorbereitungs- und Besamungshieb nicht in Frage kommen, ist im Folgenden erklärt.: Nach BÜHLER dient der Vorbereitungs- hieb einem doppelten Zwecke, einmal soll er die Samenproduktion der Bäume steigern, ferner für die Samenkörner ein günstiges Keimbett schaffen. Im Lärchenwald aber entsteht im Samenjahr eine grosse Samenmenge, und die Keimung geht im mittleren Schluss leicht vor sich, es ist daher überflüssig, die Bäume teilweise zu fällen, umso mehr, als Gras und Sträucher die ent-

1) Meguro ringyo shikenhokoku II, S. 61 (Rapporte der Forstversuchsstation Meguro.

2) Noppoto ringyo shikenhokoku IV, S. 79: für junge Fichten ist ein Lichtgrad von 10% am besten, dann ein solcher von 50%, dann ein solcher von 100% und endlich ein solcher von 18%. Für zweijährige, junge Fichten zeigt sich ein Lichtgrad von 50% am besten, dann solche von 100%, 10% und 15%. Die junge Fichte kann also ein bis zwei Jahre gut unter dichtem Schluss leben, 3–4 jährige Pflanzen gedeihen auch in einem Lichtgrad von 50% immer noch gut.

3) NIJIMA: Ezomatsu to todomatsu no zorin (Hokkaido ringyo kwaiho; S. 16, 1911).

standenen Lücken sofort wieder schliessen würden. Diese müssten wieder entfernt und die Eigenschaften der Bodendecke verändert werden, um Nachwuchs zu erzielen. Zweck des Besamungshiebes ist: reichliche Keimung der Samen und Erhaltung und Entwicklung der Keimpflanzen zu sichern. Im Lärchenwald ist aber der Besamungshieb gerade so zwecklos wie der Vorbereitungshieb. Wenn der Besamungshieb doch vorgenommen wird, kann der Boden nicht gelockert werden, und der Humus vermischt sich nur in geringem Masse mit Erde; Gras und Sträucher kommen nach.

Auch im gemischten Wald sind Vorbereitungs- und Besamungshieb aus ähnlichen Ursachen unnötig. Besonders die jungen Fichten und Tannen wachsen gut in dichtem Schluss. Wird ein Teil der Oberbäume vorzeitig gefällt, so wächst für den verbleibenden Teil des Bestandes die Gefahr, durch den Wind gefällt zu werden. Aus diesen Gründen verzichtet man im gemischten Wald besser auf Vorbereitungs- und Besamungshieb.

Fichte und Tanne können wesentlich länger unter Schluss fortkommen. Die Oberbäume werden geschlagen, wenn die jungen Lärchen 3-6 Jahre alt sind, alle Oberbäume werden auf einmal gefällt. Wenn junge Fichten und Tannen aber plötzlich aus dem dichten Schluss durch Fällen der Oberbäume ins Freie kommen, werden sie dadurch Schaden nehmen, daher geschieht der Nachhieb je nach dem Zustand des Waldes in einem oder zwei Malen. Ein einmaliger Nachhieb wird da vorgenommen, wo Laubunterholz in genügenden Mengen vorhanden ist, und einige nicht nutzungsfähige Oberbäume als Schattenspender stehen bleiben können; dieser einmalige Nachhieb findet statt, wenn die jungen Pflanzen 5-8 Jahre alt sind. Wenn aber nur wenig Laubunterholz vorhanden ist, und alle Oberbäume in der Nutzung verwendet werden sollen, wird der Nachhieb in zwei Malen durchgeführt. Die jungen Pflanzen werden so nach und nach an das vermehrte Licht gewöhnt und beginnen nach der Entfernung der letzten Oberbäume ein sicheres Wachstum. Ein Nachhieb in zwei Malen ist aber nur da zu empfehlen, wo der Wind keine Gefahren für den verbleibenden Teil des Waldes bedeutet.

Gelegentlich muss man mit Pflanzung der natürlichen Verjüngung nachhelfen. Wenn beim Lärchenreinwald durch den Waldbrand oder durch die Entfernung der Bodendecke und Schlag im gemischten Wald nicht genug Pflanzen nachkommen, muss man dazwischen pflanzen. Im Reinwald wachsen nach einem Feuer unter den Mutterbäumen bekanntlich die jungen dahurischen Lärchen ganz dicht beisammen; aus diesem Vorrat nimmt man die Setzlinge für die Pflanzung. Nötigenfalls kann auch durch ein Feuer unter vereinzelter Mutterbäumen nachträglich eine natürliche Ver-

jüngung veranlasst werden; aus den daraus hervorgegangenen Pflanzen kann man dann Material zum Nachsetzen beziehen. Setzlinge durch künstliche Verjüngung heranzuziehen, ist nicht günstig. Das Versetzen der jungen Lärchen ist leichter und mit weniger Risiko verbunden als bei jungen Fichten und Tannen, denn die ersteren sind stärker widerstandsfähig gegen Trockenheit und Feuchtigkeit und passen sich leicht dem neuen Boden und der Bodenart an.

Für den gemischten Wald bezieht man die Pflanzen zum Nachsetzen besser aus der Baumschule, weil die naturgewachsenen jungen Fichten und Tannen schwächer und in der Behandlung schwieriger sind als die jungen Lärchen. Wildgewachsene kleine Fichten und Tannen werden für 2 Jahre in die Baumschule gebracht, um das Wurzelsystem sich besser entwickeln zu lassen, dann erst als Setzlinge verwendet. Die jungen Kiefern haben lange Hauptwurzeln aber schlecht entwickelte Seitenwurzeln, so dass man sie nicht mit Vorteil in der Baumschule züchten kann. Der günstigste Ort für eine Baumschule ist ein Platz, der südlich und westlich durch hohe Bäume abgegrenzt ist; die Fläche soll 0,3–0,5 ha sein. In der Baumschule pflanzt man 100 Stück Setzlinge auf einen Tsubo (=3,31 qm). Das entspricht einer Zahl von 225.000 Setzlingen auf eine Hektare (wenn von einer ha Baumschulland 7.500 qm für die Bepflanzung wirklich verwendet werden, während der Rest nicht betrieben werden kann). Im ersten Jahr sterben dann etwa 20 % der Pflanzen; es bleiben also etwa 180.000 Stück pro ha. Im nächsten Jahr gehen ungefähr weitere 5 % zu Grunde, so dass noch ca. 168.750 Stück pro ha bleiben. Auch im dritten Jahr gehen durchschnittlich wieder 5 % verloren, so dass nur noch 151.875 (rund ca. 150.000) Setzlinge aus einer ha zum Verpflanzen übrig bleiben. Wenn wir annehmen, dass bei der natürlichen Verjüngung auf 20 % des Platzes mit Nachsetzen geholfen werden müsse, so braucht man (wenn man auf die Hektare 3.000 junge Pflanzen als die für die Verjüngung nötige Zahl festsetzt) demnach etwa 600 Setzlinge auf die Hektare. Es ist heute nicht leicht, diesen Bedarf aus wildgewachsenen jungen Pflanzen zu decken, wenn man aber in Zukunft die Methode der Entfernung der Bodendecke mehr anwendet, wird es wesentlich einfacher werden, diese Setzlinge wildgewachsen zu erhalten.

3. Kritischer Vergleich mit andern Methoden.

a. Der unsern ähnliche Methoden. Die Methode des koreanischen Forstamtes (Eirinsho Methode), von der wir im III. Teil dieser

Arbeit gesprochen haben, besteht darin, im Lärchenreinwald bei der Verjüngung Feuer anzuwenden, da der Wald durch Feuer entstanden sei, und junge Pflanzen da, wo ein Waldbrand stattgefunden hatte, besonders leicht wachsen. Diese Methode sieht im gemischten Wald keine Lärchen, sondern nur junge Fichten und Tannen als Nachwuchs vor, die durch Entfernung der Bodendecke erzielt werden. Diese Methode wendet das Feuer nur in konservativer Weise an; sie hält den weiteren Gebrauch für gefährlich.

Die Methode der einfachen Schirmverjüngung ist charakterisiert durch eine besonders einfache Art des Fällens der Oberbäume. Dies geschieht in einem oder zwei Malen; von einem Vorbereitungs und Besamungshieb nimmt man Abstand, weil diese nicht nötig sind, auch weil sie Gefahren (Wind) mit sich bringen. Diese Methode wurde in Hokkaido durch O. SAITO eingeführt (für Fichte und Tanne); NIJIMA machte über 10 Jahre dauernde Versuche in der Forstversuchsstation Nopporo über die Anwendung dieser Methode für den Tannenwald. Da die Methode des Schreibenden mit der letztgenannten grosse Aehnlichkeit aufweist, hat er die Bezeichnung von NIJIMA übernommen.

b. Kritik der andern Methoden.

1) Kritik von TOZAWA's Theorie über die Verwendung von Feuer bei der Verjüngung. Wir haben TOZAWA's Theorie bereits in diesem Teil der Arbeit gestreift. Dieser Theorie hat UEMURA Folgendes entgegengehalten¹⁾: Die Methode TOZAWA's gründe sich zu stark auf die Ursache der Entstehung des alten Waldes. Die Cryptomerienwälder von Akita und Thujopsisbestände von Aomori, von denen TOZAWA spricht, seien in alter Zeit vielleicht durch Raubwirtschaft heruntergekommen, dann aber von einem klugen Territorialfürsten (Daimiyo) geschützt worden, und sie hätten sich dann langsam wieder erholt. Es handle sich nicht sicher um eine plötzliche Entstehung dieser Wälder. Es scheine, als ob TOZAWA das Feuer benützen wolle, um die Bestandteile des Rohhumus zu zerlegen, das könne aber auch dadurch geschehen, dass man den Schlussgrad verändere, oder, wenn man Laubhölzer besonders Buchen nachkommen lasse, werde die Zerlegung des Rohhumus eine vollständige und für das Wachstum der Pflanzen sehr nützlich. Er halte es daher für sinnlos, den Boden (Bodendecke?) zu verbrennen und seine Qualität zu verschlechtern, es sei besser, den Boden nach dem Kahlschlag nicht mehr zu benutzen und hundert Jahre zu warten, bis der Boden sich wieder erholt habe.

Der Schreiber dieser Zeilen hat nicht genug Gelegenheit gehabt, Cryptomerien und Thujopsis Wälder zu sehen, um in dieser Frage ein Urteil

1) UEMURA: Dainihonsanrinkwaiho, Nr. 404, S. 16-17.

abgeben zu können. Was nun aber den Lärchenwald anbelangt, so muss UEMURA's Ansicht entgegengehalten werden, dass einmal der Lärchenwald nicht langsam nach und nach, sondern plötzlich und der ganze Wald auf einmal entsteht. Auch kann man im Lärchenreinwald durch Veränderung des Schlussgrades keine Zerlegung der Bestandteile der Bodendecke erzielen, weil im Lärchenwald sofort Unkraut im lockern Schluss nachkommt, auf Nachwuchs von Laubholz aber kaum zu hoffen ist. Durch die Verbrennung der Bodendecke wird deren physikalische und chemische Beschaffenheit nicht ungünstiger, sondern günstiger. Im Ackerbau hat man bisher immer durch Erhitzung des Bodens die Produktion von Reis vermehren wollen, weil dieser Vorgang eine günstige Veränderung der physikalischen, chemischen und mikrobiologischen Zusammensetzung mit sich brachte. Unsere im VI. Teil dieser Arbeit erwähnten Experimente haben gezeigt, dass solche günstige Veränderungen vorgehen. Auch muss es als eine praktische Unmöglichkeit angesehen werden, den Boden 100 Jahre lange unproduktiv liegen zu lassen. Wir glauben also nicht, dass UEMURA's Einwände im Bezug auf den Lärchenwald stichhaltig seien.

2) Kritik der Methode des koreanischen Forstamtes (Eirinsho Methode). Die Begründung der Opposition gegen die sog. Eirinsho Methode ist enthalten in einem Cirkular des Vizestatthalters von Korea, d. d. 29. Mai 1918. Wir geben im Folgenden das Wichtigste aus seinem Inhalte wieder:

a). Es sind noch Untersuchungen über die praktische Durchführung der Vorverjüngung nötig. Diese sollen in einem Waldgebiet vorgenommen werden, das für die Eirinsho Methode vorgesehen war, wo das Holz billig und die Umtriebszeit hoch ist. Weil noch kein sicheres Material zum Vergleich der Femelverjüngung mit der Vorverjüngung vorhanden ist, ist es zwecklos für Experimente der Vorverjüngung grosse Flächen in Anspruch zu nehmen.

b). Die im Eirinsho Plan angeführten Experimente genügen nicht für eine so wichtige Sache, es wurden für die Beispiele meistens zu günstige Plätze ausgewählt. Auch gibt es keine Untersuchungen über die Regenmenge, die Geschwindigkeit des Windes und über den Schaden, den junge Pflanzen durch die Veränderung der Temperatur nach dem Nachhieb nehmen. Es ist nötig, diese Punkte weiter aufzuklären, bevor man sich auf die fragliche Vorverjüngung endgültig einlassen kann.

c). Die Vorverjüngung wird durch den Platz mehr beeinflusst als die Femelverjüngung, besonders muss man die waldbauliche Behandlung nach der Beschaffenheit der oberen Schichten des Bodens und nach dem

eigentlichen Platz (Süd, West-, Ost-oder-Nordhang) verändern. Auch muss man den Wald in kleine Teile scheiden, die nach der Teilung verschieden behandelt werden müssen.

d). Die Vorverjüngung kann in der Theorie richtig sein, aber in der Praxis kam sie selten vor. So wird sie z. B. in Deutschland mit seinem intensiven Forstbetrieb nur für 2 Holzarten (Tanne und Buche) ziemlich erfolgreich durchgeführt, während für Fichte immer noch künstliche Behandlung vorherrscht. Auch haben wir in Japan noch nicht von guten Resultaten der Vorverjüngung gehört. Es ist daher noch zu früh, zu sagen, ob die Vorverjüngung ohne Vorbereitungs- und Besamungshieb in der Praxis gut oder schlecht sich bewähre.

e). Die Lärche scheint in Korea gewöhnlich an Plätzen zu wachsen, wo bei der Rodung zwei Bodenfeuer oder ein Stammfeuer und ein Bodenfeuer zusammen den grössten Teil des Rohhumus vernichtet haben; weniger gut wächst die Lärche, da wo nur ein einmaliges Bodenfeuer stattgefunden hat. Auch bringt diese Methode die Gefahr von Waldbränden mit sich, indem benachbarter Wald in Brand geraten könnte. Auch ist zu befürchten, dass mit dem Rohhumus ein Teil des Humus verbrennt, und dann die Wurzeln nicht mehr tief genug eindringen können, und dadurch die Gefahr des Fallens durch den Wind entstehe.

Diesen Argumenten muss Folgendes entgegengehalten werden.

zu a). Es gibt drei Wege, für den Betrieb des Lärchenwaldes:

- 1). Die bisherige, verwerfliche Raubwirtschaft, die allein auf den Ertrag ausgeht, für die Weitererhaltung des Waldes aber nichts übrig hat.
- 2). Die Naturverjüngung, welche hauptsächlich durch die Kräfte der Natur, nur mit geringer menschlicher Arbeit vor sich geht. Wenn man diese Naturverjüngung intensiver vorkommen lassen will, braucht es dazu vermehrte geistige Arbeit und grosse Spezialkenntnisse der Forstwirtschaft. Weil aber die Gebiete des Lärchenwaldes meistens abgelegen und wenig einträglich sind, kann man diese intensivere Naturverjüngung nicht vornehmen, sondern man muss an eine Methode denken, die, wenn sie auch noch nicht vollkommen ist, geringe Arbeitsleistungen und wenig Kosten verursacht und doch den Zweck erfüllt.
- 3). Der künstliche Waldbau, der aber sehr kostspielig ist und viel Arbeit erfordert, dabei allerdings sichere Resultate ergibt. Aus ökonomischen Gründen und Mangel an Arbeitskräften dürfte dieser kaum in Frage kommen.

Der Schreibende ist der Ansicht, dass für den Lärchenreinwald eine Verjüngung, wo das Feuer die Bodenvorbereitung übernimmt, das Richtige sei; im gemischten Wald mit Lärchen dagegen soll die Bodendecke ent-

fernt werden. Diese Methode ist keine intensive Naturverjüngung, erfüllt aber ihren Zweck und kann von gewöhnlichen, aber vorsichtigen Forstleuten leicht eingeleitet werden. Es ist längere Zeit nötig, um einen sicheren Schluss über die Zuverlässigkeit einer Verjüngungsmethode gewinnen zu können, aber in dieser Zeit kann der Wald zu Grunde gehen. Man kann ihn nur vor dem Verderben retten, wenn man diejenigen Methoden, die durch Beobachtung und Experimente als einigermaßen sicher erkannt sind, anwendet. Der Schreibende hat volles Vertrauen in seine Methode, die sich auf Beobachtungen (in Sachalin, Korea und in der Mandschurei) und auf Experimente (im Walde und im Laboratorium) gründet.

zu b). In Europa wird gesagt, dass geringe Regenmenge einen nachteiligen Einfluss auf die Verjüngung des Lärchenwaldes ausübe. Dieses Moment fällt in Japan ausser Betracht, da die Lärchengebiete über ausgiebige Regenmengen verfügen. Bei grosser Regenmenge aber wächst das Unkraut sehr dicht, was für den jungen Lärchennachwuchs sehr schädlich sein kann. Dem begegnet aber das Feuer im Reinwald und die Aufnahme der Bodendecke (wobei selbstverständlich auch das Unkraut entfernt wird) im gemischten Wald. Auf die durchschnittliche Geschwindigkeit des Windes muss man Acht geben; wir haben Lärchenwälder, in denen die Hälfte der Bäume geschlagen worden war, gesehen, in denen der Wind grosse Verwüstungen angerichtet hatte. Wenn aber nach unserer Methode die Oberbäume alle auf einmal geschlagen werden, so fallen auch diese Bedenken ausser Betracht. Falls der Schlag für die angrenzenden Bestände eine Gefahr infolge des Windes werden könnte, muss man das Fällen so einrichten, dass man in der der Hauptwindrichtung entgegengesetzten Richtung mit dem Fällen fortschreitet. Mit dem Nachhieb (nach unserer Methode) setzt für die bereits vorhandenen jungen Pflanzen eine neue Lebensperiode ein: die Zeit, in der sich ein stärkeres Bedürfnis nach Licht geltend macht. Diese Zeit beginnt für die junge Lärche, wenn sie 3-6 Jahre alt ist, für die jungen Fichten und Tannen bei 5-8 Jahren. In diesem Alter sind die jungen Pflanzen noch sehr klein, und das Fällen der Oberbäume wird ihnen nur wenig mechanischen Schaden zufügen können.

zu c). Zu gründlicher Vorverjüngung soll man den Wald in kleine Flächen teilen. Aber bei altem Urwald, der rasch und in grober Weise genutzt werden muss, ist das nicht wohl möglich; so muss auch die Erzielung von Nachwuchs auf grossen Flächen versucht werden. Wie wir bereits früher erwähnten; soll der Reinwald zum Zwecke der Verjüngung in Teile von 5-10 ha eingeteilt werden, dies aus ökonomischen Gründen und wegen der Gefahren, die das Feuer mit sich bringen kann. Im ge-

mischten Wald verlangt unsere Methode keine Begrenzung auf kleinere Flächen. Betrachten wir die "Femelverjüngung", wie sie gegenwärtig in Hokkaido, Sachalin und Korea vorgenommen wird, so ist es eigentlich nur eine solche dem Namen nach. Die Femelverjüngung verlangt stammweise Behandlung, welche in den japanischen Lärchengebieten unmöglich ist. Aus diesem Grund ist Femelverjüngung für den Lärchenwald unmöglich; es ist ausserdem klar, dass die Einstellung der dahurischen Lärche auf das Licht die Femelverjüngung als ungünstig erscheinen lassen muss; bei der Femelverjüngung müssen die jungen Pflanzen zu lange unter den Oberbäumen bleiben.

zu d). Für den Misserfolg der Vorverjüngung in Japan können folgende Gründe angeführt werden: 1. Es wächst immer dichtes Unkraut nach, das der Keimung der jungen Pflanzen schädlich ist. 2. Die Versuche mit Vorverjüngung werden immer auf Schattenholzarten beschränkt. 3. Die Behandlung war zu intensive. 4. Vorbereitungs-, Besamungs- und Nachhieb wurden nicht in passender Weise durchgeführt.

Im Lärchenwald würde nun nach unserer Methode durch das Feuer oder die Bodendeckeaufnahme das dichte Nachwachsen von Gras verhindert. Wie unter 2. erwähnt wurde, hat man in Japan die Vorverjüngung hauptsächlich an Schattenholzarten versucht; sie ist aber auch für den Lichtholzartenwald durchführbar, wenn er älter ist, und der Schluss bereits mittler oder räumig geworden ist. Unter diesem Schluss lässt sich im Lärchenreinwald leicht ein Nachwuchs, einzig durch das Fällen der Oberbäume erzielen. Zu dem unter 3. erwähnten Behandlungsfehler ist zu bemerken, dass es in Japan im Allgemeinen zu wenig durchgebildete Forstleute hat; dieser Mangel ist besonders ausgesprochen bei den Fachleuten für den Lärchenwald. Zu 4 wäre lediglich beizufügen, dass Vorbereitungs und Besamungshieb nicht nur unnötig sondern geradezu schädlich sind. Bei plötzlicher Wegnahme von Bäumen wird die Gefahr durch den Wind vergrößert. Beim Wald, der heute für die Nutzung in Frage kommt, handelt es sich meistens um sehr alte Bestände, so dass der Nachhieb allein durchaus am Platze ist.

zu e). Wir finden sehr viele Beispiele, wo junge Lärchen nach einem einmaligen Feuer nachgekommen sind, auch die Experimente bestätigen, dass kein zweimaliges Feuer notwendig ist. Der aus der Vernichtung der Bodendecke sich ergebende Verlust an Nährgehalt dürfte ein Gegenstand ernster Betrachtung sein, trotzdem dieser Zustand für die Keimung günstiger ist. Das Bodenfeuer unserer Methode verändert aber nur den obersten Teil der Bodendecke und vernichtet sie nicht insgesamt, so wie gewöhnlich

auch im Urwald bei Bränden nur der oberste Teil in Mitleidenschaft gezogen wird. Wir brauchen daher absolut keine Befürchtungen hinsichtlich der Verminderung der Nährstoffe zu hegen. Beim Feuer selbst ist allerdings gute Aufmerksamkeit nötig; man muss es nur bei schwachem Wind veranstalten und es innerhalb natürlich begrenzter Flächen abhalten. Man wird auch Schutzstreifen herstellen, die Aufsehern unterstellt werden, und dadurch die Gefahr vermeiden. Das Bodenfeuer ist gewöhnlich nur gefährlich im Freien nach einem Schlag; im Lärchenurwald dagegen ist die Gefahr gering, wenn die Vorbereitungen richtig getroffen werden.

Die obige Diskussion ist nur ein Versuch zur Verteidigung des Eirisho Planes, wobei auch die Gründe für die Entstehung unserer Methode dargestellt werden konnten. Natürlich wird die praktische Erfahrung an unserm Plan noch das Eine und Andere verändern, theoretisch aber dürfte er eine ziemlich endgültige Form angenommen haben.

X. Schlusswort.

Das Feuer hat einen grossen Einfluss auf die Entstehung des Lärchenwaldes. Bei jungem Lärchenwald ist es leicht, festzustellen, dass er nach einem Waldfeuer entstand, bei mittelaltem Wald war das etwas schwerer zu erkennen. Als wir aber unsere Versuche im Walde in Sachalin ausführten, stiessen wir bei der Bodenaufnahme auf verkohltes Material in der obersten Schicht der Erde. Damit war auch hier das Feuer nachgewiesen. Wie wir im V. Teil dieser Arbeit gezeigt haben, gelangen wir auch für den alten Lärchenwald zu ähnlichen Schlüssen. So sehen wir, dass ein grosser Teil der Waldbestände der dachurischen Lärche mit dem Waldfeuer in Beziehung steht.

Ein Teil des gemischten Waldes (mit Lärchen und Birken) verändert sich in sehr lockeren Bestand mit vereinzelt stehenden Lärchen. In einen Teil des Lärchenwaldes können (bei Lärchenreinwald und Mischwald mit Birken) Fichte und Tanne eindringen und diesen nach und nach zu einem Mischwald mit Fichten und Tannen machen (gelegentlich auch mit Kiefern), der dann wieder die Form des ursprünglichen Waldes (Fichten und Tannenwald) annimmt. Ohne besondere Ursache kommen keine jungen Lärchen nach. Der Lärchenwald stirbt nach einer Generation. Im Bezug auf die Verjüngung muss man also darauf ausgehen, junge Lärchen beim Reinwald und junge Fichten und Tannen beim gemischten Wald (mit Fichten und Tannen) für die nächste Generation zu gewinnen.

Die Lärche als Oberbaum im mittelalten oder alten Reinwald ist sehr widerstandsfähig gegen Feuer. Stammfeuer und Gipfelfeuer kommen nur selten vor, meistens bleibt es bei Bodenfeuern, wobei die Stämme bis einige Meter über den Boden geschwärzt werden, aber nicht absterben. Grösser ist der Schaden, den ein Waldfeuer im gemischten Wald anrichtet.

Beim Bodenfeuer verändert die Bodendecke ihre Eigenschaften teilweise; auch der Boden wird erhitzt. Die physikalischen Eigenschaften der verkohlten Bodendecke sind für die Verjüngung günstiger als die der unerhitzten Bodendecke. Die chemischen Eigenschaften des erhitzten Bodens sind ebenfalls für die Verjüngung günstiger als die des unerhitzten.

Um junge Pflanzen zu gewinnen, veranstaltet man 4–7 Jahre vor dem Schlag ein Bodenfeuer. Nach den Experimenten im Versuchswald von Sachalin wirkt ein solches Feuer günstiger als die Entfernung der Bodendecke (in Streifen, Flächen oder Flecken) und das Abschneiden von Gras und Sträuchern. Es genügt, wenn ein Teil der Bodendecke verkohlt. Bei den Topfexperimenten wirkte die verkohlte Bodendecke am besten, dann die eingeäscherte Bodendecke, dann dünne Schichten verkohlter, resp. eingeäschter Bodendecke auf unverbrannter Bodendecke und am schlechtesten gewöhnliche, unerhitzte Bodendecke ohne Auflage anderer Schichten.

Das Entfernen der Oberbäume geschieht nur in einem Nachhieb. Vorbereitungs- und Besamungshieb werden nicht durchgeführt. Im Reinwald wird der Nachhieb auf einmal, im gemischten Wald in einem oder zwei Malen durchgeführt. Weil die ein bis zweijährige Lärche noch die Eigenschaften einer Halbschattenholzart hat und im Naturwald unter dem Schluss der Mutterbäume gut gedeiht, lässt man sie dort keimen und wachsen, schlägt dann aber die Oberbäume, sobald die jungen Pflanzen das Stadium erreicht haben, wo sie ohne den Schutz der Mutterbäume fortkommen können,

Der Erfolg der Verjüngung ist sicher, wenn man im Lärchenreinwald das Bodenfeuer in einem Samenjahr veranstaltet. Die Verjüngungszeit ist kurz und wird mit dem Schlag abgeschlossen. Für die praktische Durchführung des Feuers sind noch Betrachtungen über klimatische Besonderheiten und über Art und Zustand des Waldbodens nötig. Wenn man im gemischten Wald mit Lärchen einen Nachwuchs von jungen Fichten und Tannen erhalten will, genügt als Bodenvorbereitung die Aufnahme der Bodendecke.

INHALT.

	SEITE
Einleitung	207
I. Die botanischen Eigenschaften von <i>Larix dahurica</i> TURCZ.....	208
II. Vorrat und gegenwärtiger Stand der Nutzung.....	213
III. Die bisherige waldbauliche Behandlung.....	219
IV. Der Zustand des Lärchennaturwaldes.....	223
V. Versuche über die Bedingungen der Naturverjüngung im Walde..	235
VI. Einfluss der Verbrennung der Bodendecke auf die Verjüngung der dahurischen Lärche	247
VII. Einfluss des Lichtgrades auf die Verjüngung	277
VIII. Einfluss der Feuchtigkeit auf die Verjüngung	285
IX. Praktische Verjüngungsmethoden im Naturwald der dahurischen Lärche	288
X. Schlusswort	304

TAFELERKLÄRUNG.

Tafel XVI.

Fig. 1. Lärchennachwuchs vermischt mit Gras nach einem Waldfeuer.

Platz: Tokeisui bei Engan, Mozangun, Kankyohokudo, Korea. Etwa 2–3 Stunden unter dem Gipfel des Setsurei.

Datum: 25. August 1916.

Bemerkungen: Im Jahre 1913 herrschte Feuer im Wald; die Stämme wurden bis 3 m über den Boden geschwärzt. Die Stärke der Bäume in Bruthöhe war etwa 70 cm, die Baumlänge durchschnittlich 30 m. Der Schluss war mittler oder räumig. Das Gras wuchs dicht nach dem Brand. Im abgesteckten Platz fanden sich zweijährige Lärchen, und zwar 106 auf den Quadratfuss. Der gleiche Zustand liess sich in einigen hundert Hektaren feststellen.

Fig. 2. Junge Lärchenpflanzen im Gras am gleichen Platz wie bei Fig. 1.

Bemerkungen: Um die jungen Pflanzen auf dem Bilde deutlicher hervorstechen zu lassen, wurde hinter ihnen ein Stück Birkenrinde aufgestellt.

Fig. 3. Junger Lärchennachwuchs nach einem Waldfeuer.

Platz: Bei Engan, Mozangun, Kankyohokudo, Korea.

Datum: 22. August 1916.

Bemerkungen: Der übriggebliebene Mutterbaum ist geschwärzt. Unter oder neben den Mutterbäumen haben sich schöne junge Lärchen entwickelt, in denen die Verjüngung durchgeführt wird. Es ist klar, dass diese Bäumchen nach einem Feuer entstanden sind.



Fig. 1.

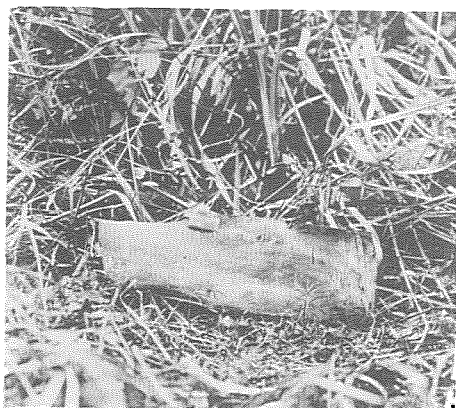


Fig. 2.

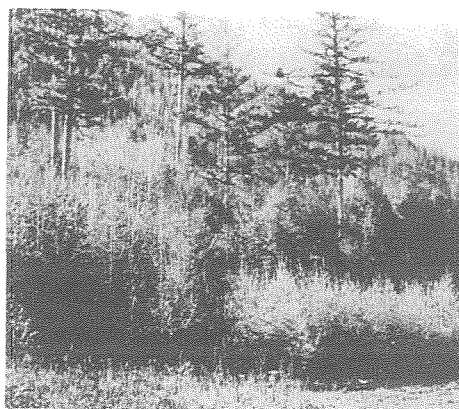


Fig. 3.

Tafel XVII.

Fig. 1. Laubholz kommt als Unterholz im gemischten Wald mit Lärchen, Fichten und Tannen nach.

Platz: Hokoori, Fukeimen, Kankyonando, Korea.

Datum: 26. Juni 1915.

Bemerkung: Verschiedene Laubhölzer, besonders Acer-Arten sind in den gemischten Wald eingedrungen und schützen den Waldboden vor Lichtungen.

Fig. 2. Junge Lärchen, die nach einem Waldfeuer gewachsen sind.

Platz: Sohyo, Mozangun, Kankyohokudo, Korea.

Datum: 20. August 1916.

Bemerkung: Dass ein Waldfeuer vorausgegangen war, konnte man daraus ersehen, dass die Stämme bis 2 m über den Boden geschwärzt waren. Die Lärchen waren alle lebendig, während ein Teil der Birken im Absterben begriffen war. Es fanden sich junge Lärchenpflanzen unter Lärchenmutterbäumen und junge Birken unter Birkenmutterbäumen. Besonders dicht sind auf dem Bild die jungen Lärchen, wo der Arbeiter steht. Dort kamen 430 junge Pflanzen auf einen Quadratfuss. Sie standen so dicht wie nur möglich. Es handelte sich um 5-8 jährige Pflanzen, die durchschnittlich folgende Dimensionen aufwiesen:

	5 jährige Pfl.	8 jährige Pfl.
Stärke (cm)	0,7	1,4
Höhe (m)	0,8	1,8

Der Schluss ist räumig. Die jungen Lärchen haben das Gras besiegt und sind zum sichern Nachwuchs geworden. Im jungen Stadium lieben die jungen Lärchen es, dicht beisammen zu wachsen.

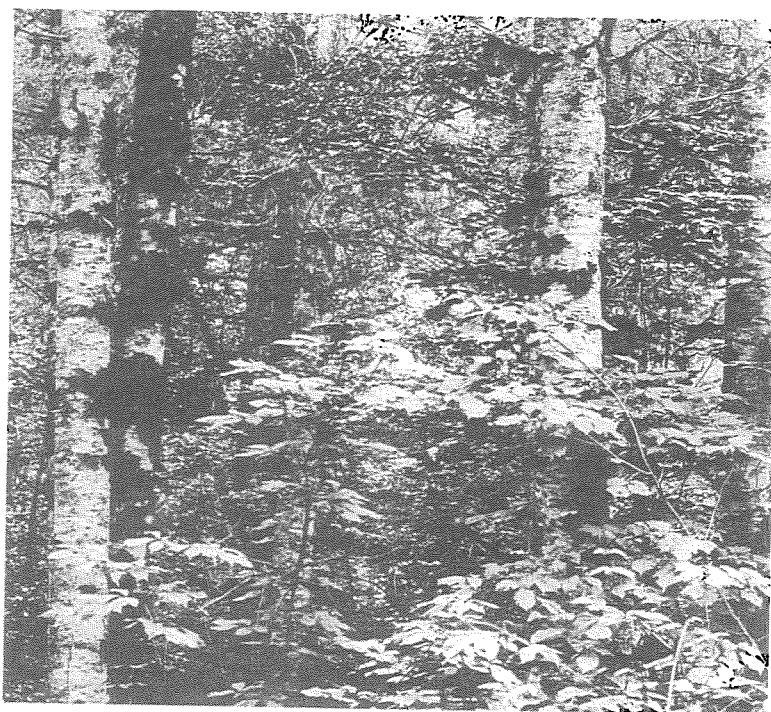


Fig. 1.



Fig. 2.

Tafel XVIII.

Fig. 1. Die Veränderung des Lärchenreinwaldes zum gemischten Wald mit Fichten und Tannen.

Platz: Josuihyo, Fukeimen, Kan'yonando, Korea.

Datum: 28. Juni 1915.

Bemerkungen: Kleine Fichten und Tannen wachsen im Lärchenreinwald. Die Oberbäume sind ca. 130 Jahre alte Lärchen, die keinen eigenen Nachwuchs haben. Andere Holzarten sind eingedrungen und diese verändern das Waldbild langsam. Das Bild zeigt das Anfangsstadium dieser Veränderung.

Fig. 2. Die Veränderung des Lärchenreinwaldes zum gemischten Wald mit Fichten und Tannen.

Platz: Gleich wie bei Fig. 1.

Datum: 25. Juni 1915.

Bemerkungen: Der grosse Baum links ist eine Lärche. In diesen Wald sind Fichten, Tannen und Kiefern eingedrungen und haben ihn zu einem gemischten gemacht. Später ist noch etwas Laubholz nachgekommen.

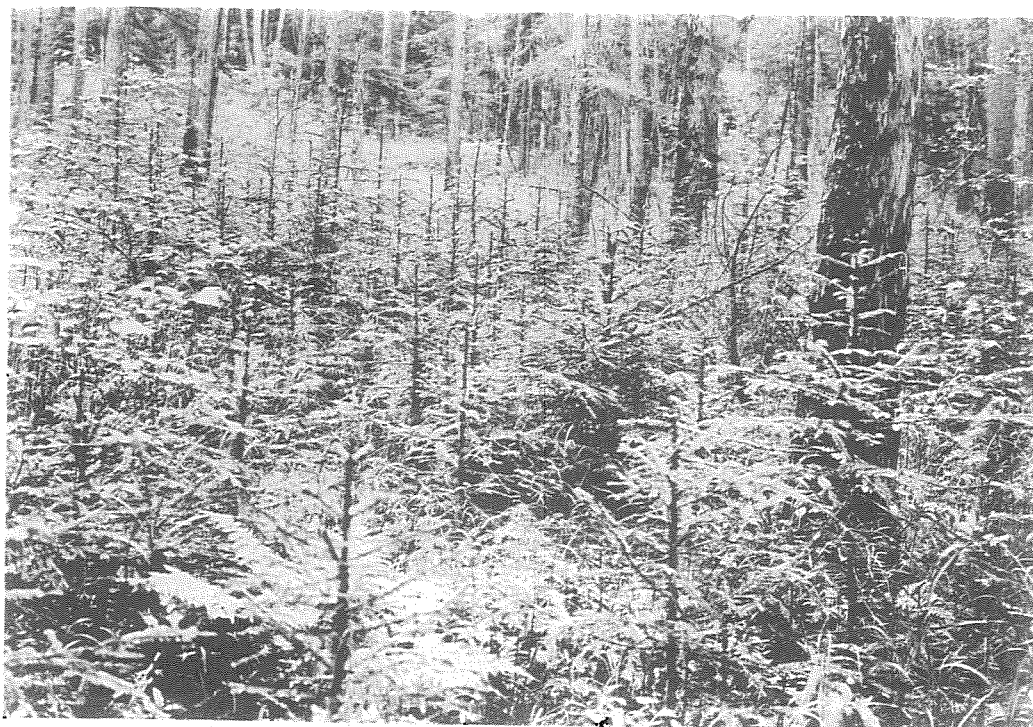


Fig. 1.



Fig. 2.